ПРИМЕНЕНИЕ

МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

В БИОЛОГИИ

И МЕДИЦИНЕ



МОСКВА-1986

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ
"ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА"
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

УI Всесоюзный семинар

"ПРИМЕНЕНИЕ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ"

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

(I-3 декабря 1986 г., г. Звенигород)



МОСКВА,1986

Сборник печатается по оригиналам авторов

УI Всесоюзный семинар "ПРИМЕНЕНИЕ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ"

Тезисы докладов (I–3 декабря 1986 г., г.Звенигород)

Ответственные за выпуск: д.ф.-м.н. О.В.Бецкий,
н.с. С.А.Ильина

Технический редактор Н.В.Сергеева
Художник В.И.Чуркин

Подписано в печать I.09.1986 г. Т-I7863.
Формат 60х84 I/I6. Объем 6.97 п.л. Тираж 400 экз.
Ротапринт ИРЭ АН СССР. Зак.272. Цена 55 к.

I. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ

Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Голант М.Б., Реброва Т.Б.

ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 10-15 ЛЕТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В МЕДИЦИНЕ

Дается научное обоснование применения в медицине низкоинтенсивного электромагнитного излучения в миллиметровом (ММ) диапазоне длин волн. В основе обоснования лежат, в частности, следующие соображения: I. В отличие от некоторых других видов излучения ММ колебания естественного происхождения не могли из-за сильного ослабления в атмосфере Земли оказывать влияние в эволюционном процессе живых организмов; естественные когерентные излучения ММ диапазона в атмосфере вообще отсутствуют. Живые организмы могли использовать эти излучения для целей управления. 2. ММ излучение практически полностью поглощается в наружных слоях кожного покрова. Поэтому можно предположить, что опосредованный характер действия ММ излучения имеет место при срабатывании, например, рефлекторных или гормональных факторов при нарушении нормальных функций организма, как это имеет место при использовании других лечебных факторов, действующих на кожные покровы. Анализируются специфические особенности поглощения ММ излучения кожными покровами.

Обсуждаются особенности применения ММ излучения в условиях клиники (это касается выбора рабочих частот, мощности излучения, экспозиции и др.).

Обобщается опыт использования ММ излучения в клиниках для лечения различных заболеваний (например, язв желудка и двенадцатиперстной кишки, рака молочной железы и др.). Обращается внимание на протекторную роль ММ излучения при лечении злокачественных образований.

Пославский М.В., Корочкин И.М., Голант Ч.Б., Реброва Т.Б., Балакирева Л.З., Головатюк А.А.

ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЛЬНЫХ ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНЬЮ МИЛЛИМЕТРОВЫМИ ВОЛНАМИ

Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки является хроническим, периодически рецидивирующим заболеванием, в патогенетических механизмах развития которого лежат сложные нарушения взаимодействия кортико-висцеральных, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковых и местных гастродуоденальных процессов.

Заживление язвенного дефекта не приводит к излечению язвенной болезни. Через определенное время (весной, осенью) наблюдается рецидив заболевания - образование язвенного дефекта. Такое циклическое течение заболевания, по-видимому, связано с истощением компенсаторных механизмов организма за период ремиссии с переходом в критическое состояние, так называемое предъязвенное состояние.

Целью настоящего исследования явилось изучение возможности лечебного воздействия миллиметровых волн в период критического состояния с целью профилактики рецидива язвенной болезни.

На протяжении длительного эндоскопического наблюдения за больными язвенной болезнью установлено индивидуальное время рецидива у каждого больного.

За 3-4 недели до предполагаемого рецидива, или при наличии признаков предъязвенного состояния проводился курс (10-15 сеансов) терапии миллиметровыми волнами по методике, разработанной в клинике.

Проведено лечение 46 больных в возрасте от 22 до 57 лет. Длительность язвенного анамнеза от 3 до 36 лет. Рецидив заболевания у большей части 2-3 раза в год, у остальных 1 раз в год. Язвы у 7 локализовались в желудке, у остальных в луковице двенадцатиперстной кишки.

В результате проведенного лечения "плановый" рецидив, несмотря на проведенное лечение, наблюдался у 2 больных. У 18 больных проводились повторные курсы терапии в периоды критических состояний - отдаленные рецидивы у 2-х больных.

Полученные ближайшие и отдаленные результаты позволяют рекомендовать проведение профилактического лечения миллиметровыми волнами больных язвенной болезнью с целью уменьшения рецидивов заболевания.

Пославский М.В., Корочкин И.М., Башкатова В.Г., Голант М.Б., Реброва Т.Б., Балакирева Л.З., Головатюк А.А.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА БОЛЬНЫХ ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНЬЮ

Первые результаты клинического применения миллиметровых волн для лечения язвенной болезни (Корочкин И.М. и соавт.,1985) показали безопасность, высокую эффективность данной терапии. Однако, механизм лечебного воздействия электромагнитных волн миллиметрового диапазона на течение язвенной болезни остается невыясненным.

Среди многих факторов, угнетающих резистентность слизистой гастродуоденальной зоны, одно из ведущих мест занимает снижение антиоксидантного статуса организма.

Изучению влияния электромагнитных волн миллиметрового диапазона на антиоксидантный статус организма в процессе лечения язвенной болезни посвящено данное сообщение.

Состояние антиоксидантного статуса организма оценивали по показателю антиокислительной активности (АОА) липидов эритроцитов крови и содержанию одного из наиболее важных естественных антиоксидантов α-токоферола в сыворотке крови.

Исследование проводили до начала лечения и с интервалом 7 дней в процессе лечения миллиметровыми волнами. В качестве контроля изучены параметры антиоксидантного статуса в процессе традиционной медикаментозной терапии.

Анализ полученных результатов показал, что при рецидиве язвенной болезни наблюдается значительное угнетение антиоксидантного статуса организма (снижение АОА липидов и α-токоферола). В процессе лечения больных электромагнитными волнами миллиметрового диапазона наблюдается достоверное увеличение антиокислительной активности липидов эритроцитов. При применении традиционной терапии, несмотря на заживление язвенного дефекта, достоверного изменения антиокислительной активности липидов эритроцитов не наблюдается.

Таким образом, одним из возможных механизмов благоприятного лечебного воздействия миллиметровых волн является нормализация антиоксидантного статуса организма больных язвенной болезнью.

Иванков Н.Д., Пясецкий В.И., Писанко О.И.,
Воронин А.В., Зелинский В.А.

ПРИМЕНЕНИЕ В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ ЭМИ КВЧ ДИАПАЗОНА НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНИ

Показано, что применение направленного электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокочастотного (КВЧ) диапазона нетепловой интенсивности для лечения язвенной болезни двенадцатиперстной кишки и желудка у больных с ярко выраженной в брюшной полости комфортной реакцией сенсорного характера позволяет в амбулаторных условиях довести эффективность лечения до 96%.

Курс воздействия проводится на фиксированной индивидуально подобранной для каждого пациента частоте ЭМИ, на которой наблюдается стабильная, ярко выраженная комфортная реакция. Уровень мощности излучения во всех случаях не превышал величины I,5-2мВт, измеренной термисторной головкой М5-50 с измерителем мощности М3-22. Погрешность установки частоты выходного сигнала не более I,5%. Нестабильность частоты при неизменных внешних условиях и неизменном напряжении сети за 30 минут работы не более ± I5 МГц.

Пясецкий В.И., Писанко О.И., Куценок В.А., Черний Б.С.,
Воронин А.В., Лебедев Ю.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХКАНАЛЬНОГО АППАРАТА "ЭЛЕКТРОНИКА-КВЧ-04" ПРИ ЛЕЧЕНИИ НЕОСЛОЖНЕННОЙ ДУОДЕНАЛЬНОЙ ЯЗВЫ

Приводятся экспериментальные результаты работы по изучению эффективности лечения неосложненной дуоденальной язвы путем воздействия направленного электромагнитного излучения (ЭМИ) фиксированной частоты на поверхностную область проекции пораженного органа и воздействия ЭМИ фиксированной частоты одновременно на две топографически разнесенные зоны акупунктуры. Зоны воздействия во втором случае подбирались для каждого больного индивидуально, согласно общепринятым требованиям иглорефлексотерапии. При этом применялся экспериментальный образец 2-х канального аппарата "Электроника-КВЧ-04", имеющего два автономных источника ЭМИ, соединенных с общим блоком питания, управления и контроля (БУК). Оба генератора настроены на одну фиксированную длину волны, равную 5,6 мм. Рабочие частоты отличались на величину не более ± I МГц. Уровень мощности каждого канала не превышал 5 мВт. Энергопитание генераторных камер (ГК) осуществлялось с БУК посредством длинных ($\geqslant$ I,2 м) кабелей, позволяющих установить генераторы в территориально удаленных зонах воздействия. Воздействие могло осуществляться одновременно сразу на две зоны или попеременно на одну или другую.

Приводятся результаты сравнительной эффективности анализируемых методик применения для лечения неосложненной дуоденальной язвы.

Воробьев Л.П., Шестаков В.А., Андреев Н.Г., Вахмистров В.Ю.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПЕЧЕНИ

Известно, что в патогенезе хронического гепатита (ХГ), цирроза печени (ЦП) и других заболеваний важнейшую роль играют нарушения печеночного кровотока. Появляясь на самых ранних стадиях заболеваний, гемодинамические расстройства способствуют прогрессированию процесса, приводят к развитию ряда тяжелых осложнений. Исходя из этого, информация о состоянии кровообращения печени при ее поражениях имеет большое диагностическое значение.

Целью работы являлось определение кровотока в печени и температуры над данным органом с последующим выявлением возможной коррекции между этими параметрами при дискинезии желчевыводящих путей (ДЖП), ХГ и ЦП.

Печеночный кровоток определялся методом тетраполярной реогепатографии, параллельно которой проводилось определение показателей центральной гемодинамики.

Для дистанционного измерения радиояркостной температуры области расположения печени использовался радиометр с рабочей длиной волны 8 мм.

Результаты работы являются предварительными. Тем не менее исследования показали:

- асимметрия средних температур при измерении на миллиметровых волнах на брюшной стенке достигает I,6°С;
- выявлена закономерность изменений температуры, определяемой с помощью миллиметровой термографии, от печеночного кровотока.

Пясецкий В.И., Писанко О.И., Куценок В.А., Балаба А.Н., Скляров А.П., Танасиенко И.Д.

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМИ КВЧ ДИАПАЗОНА НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПРИ ПАТОЛОГИИ ГАСТРОДУОДЕНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Приводятся экспериментальные данные ограниченной клинической апробации способа коррекции физиологических состояний организма при гастродуоденальной патологии путем направленного воздействия на рефлексогенные зоны электромагнитным излучением (ЭМИ) крайне высокочастотного (КВЧ) диапазона низкой интенсивности.

При исследованиях, в качестве источников излучения миллиметровых волн применялись: генератор сигналов высокочастотный ГЧ-I4I, ГЧ-I42; панорамный измеритель КСВН и ослаблений Р2-68, Р2-69; экспериментальные образцы аппарата для микроволновой рефлексодиагностики и терапии "Электроника-КВЧ". Воздействие осуществлялось на общепринятые в рефлексотерапии биологически активные зоны, применяемые при данной патологии. Определены частоты и частотные интервалы ЭМИ, уровни мощности излучения, воздействие на которых вызвало у 70% больных стабильный терапевтический эффект и у 90% больных полное исчезновение болевого синдрома.

Полученные результаты позволили сформулировать основные технические и медицинские требования к аппаратам предназначенным для обеспечения указанного способа лечения. Аппараты условно можно разграничить на две группы.

К I-ой группе относятся аппараты,предназначенные для обеспечения медико-биологических исследований с биологическими объектами,проводимых в научно-исследовательских институтах и на кафедрах высших и специальных средних учебных заведениях.

Ко 2-ой группе относятся аппараты коррекции физиологических состояний организма при конкретной патологии, прошедшие достаточно длительную клиническую апробацию, простые и надежные в эксплуатации и предназначенные для работы в профильных лечебных и профилактических учреждениях.

Гуляев Ю.В., Годик Э.Э., Валиев И.В., Мусин Р.Ф.,
Морозов В.А., Шаров В.С.

О ПОРОГЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА К МИЛЛИМЕТРОВОМУ И ИНФРАКРАСНОМУ ИЗЛУЧЕНИЯМ

В работе приведены экспериментальные данные о высокой чувствительности транспорта воды в эпидермисе в процессе неощутимой перспирации к миллиметровому (6–I2 мм) и инфракрасному (I0 мкм) излучениям.

Процесс транспорта воды контролировался путем измерения поперечной электрической проводимости рогового слоя эпидермиса (РСЭ) [I].

Показано, что в пределах точности методики приращение скорости изменения электропроводности РЭС, обусловленное увеличением транспорта воды через этот слой при воздействии мощности, не отличается для равных мощностей миллиметрового и инфракрасного излучений. При этом пороговая мощность, отклик на которую различим на фоне флуктуаций электропроводности РСЭ, оказалась порядка I00 мкВт/см^2 при времени наблюдения I00 с, как для миллиметрового, так и для ИК излучения. Однако, наблюдалось отличие во временах возникновения электрического отклика, которое уменьшалось с увеличением глубины проникновения излучения в кожу.

Л и т е р а т у р а

I. Р.Ф.Мусин, В.А.Морозов, Э.Э.Годик, Ю.В.Гуляев. Электрические свойства рогового слоя эпидермиса человека и транспорт воды в нем. – Биофизика, I985, т.30.

Волченко В.Н.

КОРРЕКЦИЯ СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Работами академика Н.Д.Девяткова и его сотрудников [I] показаны многие пути использования ЭМ мм излучения в медицине. В исследованиях С.П.Ситько и др. [2] воздействие ЭМ мм излучения ведут через точки акупунктуры, добиваясь значительного эффекта в лечении ряда заболеваний.

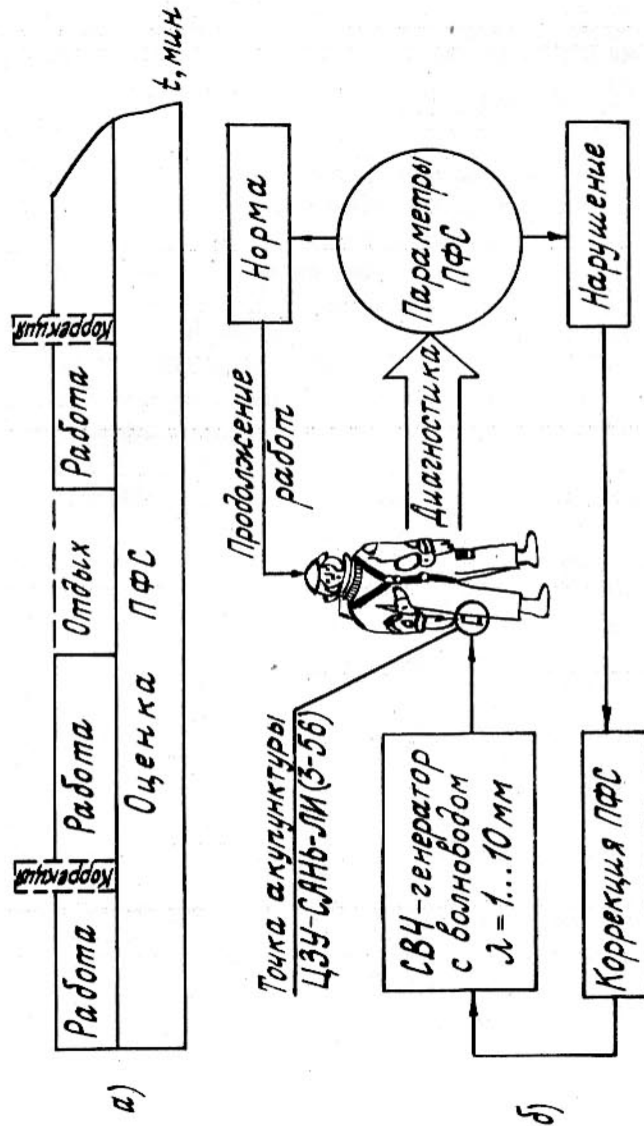
Опираясь на [I, 2] и на опыт электропунктурного воздействия автором рассмотрена возможность дистанционной коррекции психофизиологического состояния (ПФС) оператора, работающего в экстремальных условиях, возможно в скафандре (водолаз и т.п.). Диагностику ПФС осуществляют также дистанционно, опираясь на обычные медицинские методы или электропунктурные измерения (Накатани, Нечушкин, Фолль), с использованием ЭВМ.

Используют цикл: оценка ПФС, работа, отдых, коррекция и т.п. (рис.I а), причем коррекцию ведут от миниатюрных ЭМ мм генераторов СВЧ, встроенных в скафандр. СВЧ-волноводы располагают непосредственно в зоне акупунктурных точек, например, обладающих широким спектром действия (Цзу-сан-ли, Эсэ-гу и др.).

Опытным путем и расчетами обоснована предварительная конструктивная схема (рис.I б) и примерные режимы коррекции ПФС операторов.

Л и т е р а т у р а

I. Н.Д.Девятков, О.В.Бецкий. Особенности взаимодействия ММ-излучения низкой интенсивности с биологическими объектами. М., Сб. ИРЭ АН СССР, I985, с.6–20.
2. Е.А.Андреев, М.У.Белый, С.П.Ситько. Реакция организма человека на ЭМИ ММ диапазона. Вестник АН СССР, I985, №I, с.24–32.



Голант Б.М., Реброва Т.Б., Зубков Б.А., Петренко Ю.М., Поляков А.И., Балакирева Л.З.

УСКОРЕНИЕ ПРОЦЕССА ЗАЖИВЛЕНИЯ РАН У ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Изучалось влияние миллиметрового излучения низкой интенсивности на течение раневого процесса у мышей линии СВА.

У мышей в межлопаточной области наносилась кожно-фасциальная, плоскостная рана, диаметром I0 мм. Облучение животных в первом случае проводилось в области раневой поверхности, во втором – за пределами раны в области головы. Время облучения I час при длине волны 6,5 мм и мощности излучения 45 мВт.

В первом случае у облученных животных характер течения раневого процесса существенно отличался от необлученных: фаза гидратации либо не проявлялась, либо была слабо выражена, не выявлялась лейкоцитарная инфильтрация тканей по периметру раны. В контрольной группе животных больше отмечалось осложнений в течение раневого процесса. Раны у облученных животных заживали на 2-3 суток быстрее.

Положительная динамика заживления ран наблюдалась у животных также при облучении вторым способом, но меньшей степени выраженности.

Полученные данные указывают на пути воздействия миллиметрового излучения низкой интенсивности на течение раневого процесса и роль в нем местной и общей реакции организма.

Поляков А.И., Петренко Ю.М., Зубков Б.А., Голант М.Б., Реброва Т.Б., Балакирева Л.З.

СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПРОЦЕСС ПРИЖИВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕННЫХ КОЖНЫХ ЛОСКУТОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ЖИВОТНЫХ

Исследовалось влияние миллиметрового излучения низкой интенсивности на процесс приживления встречно-перемещенных кожно-фасциальных лоскутов.

Операция по перемещению треугольных лоскутов площадью 0,5 квадратных см осуществлялась в межлопаточной области у мышей линии С 57 Bl.

У опытных животных проводилось облучение области перемещения лоскутов в течение I часа с длиной волны 6,5 мм, мощностью 45 мВт.

Течение процесса приживления перемещенных лоскутов оценивалось: по общему состоянию животных, отечности лоскутов, их гиперемии, инфильтрации, степени их прилегания к подлежащим тканям, по количеству и качеству отделяемого, образованию гематом, по частичному или тотальному некрозу лоскутов и их отторжению. В целом у облученных животных процесс приживления перемещенных лоскутов был существенно более благоприятным по сравнению с необлученными.

Полное приживление перемещенных лоскутов у облученных животных заканчивалось раньше и с меньшим числом послеоперационных осложнений, чем у необлученных.

Можно ожидать, что оптимизация условий воздействия миллиметрового излучения на организм окажется эффективным средством для коррегирования процесса отторжения перемещенных кожных лоскутов в благоприятном направлении.

Зубенкова Э.С., Севастьянова Л.А., Шубина И.Ж., Балибалова Е.Н.

ВЛИЯНИЕ РАДИОВОЛН МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПРОЦЕССЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОВРЕЖДЕННЫХ ТКАНЕЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

Первичные или отдаленные повреждения жизненно-важных систем организма ионизирующим излучением или противоопухолевыми препаратами, обладающими миелоугнетающим действием, ставят задачи, связанные с их защитой или использованием средств, ускоряющих регенерацию тканей.

На ряде модельных систем, применяемых в гематологической практике, показана возможность использования миллиметровых волн для управления процессами репарации после массивного I0-30 % кровопускания, а также использования радиомиметиков. Определено, что в основе более быстрого восстановления гемопоэза лежит пролиферация стволовых кроветворных клеток. Однако, учитывая то, что фазе регенерации костного мозга предшествует период дегенерации, степень выраженности которого зависит от дозы используемого агента, нас интересовало подобрать такой диапазон длин волн, который был бы эффективен при сублетальных дозах. С этой целью в эксперименте на животных в динамике прослежена картина восстановления гемопоэза при комбинированном использовании двух частот облучения 5,6 и 7,I мм. Установлено, что использование этого диапазона длин волн приводит к полному восстановлению гемопоэза к 5-7 суткам у животных после однократного введения противоопухолевого препарата циклофосфана в дозе 250 мг/кг веса тела. В течение данного периода времени за счет пролиферации малодифференцированных и морфологически распознаваемых бластных клеток устанавливается равновесное состояние в системе клеточного обновления костного мозга, что приводит к полному восстановлению гемопоэза, что нельзя отметить в группе животных, получавших циклофосфан: к 7 суткам наблюдения невосстановленная компонента костного мозга у них составила 30 %.

Вместе с тем, одной из особенностей данного набора длин волн оказалась способность их воздействовать на характер эпителизации ран у животных, ускоряя ее. Определены также скорости контракции ран у животных при использовании различных режимов облучения и зон облучения.

Павлюк В.М., Девятков Н.Д., Голант М.Б., Реброва Т.Б.,
Синицын Н.И., Локшина О.Д., Гончарова Л.Н., Зингер Е.Н.

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ОСТРОМ ИНФАРКТЕ МИОКАРДА У КРЫС ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

С целью изучения влияния электромагнитных колебаний миллиметрового диапазона (ЭМИ) проведено экспериментальное исследование на 53 белых крысах линии "Вистар". Опытную группу составили 29, контрольную - 24 животных.

Животным под эфирным наркозом производилась перевязка передней нисходящей ветви левой коронарной артерии (по методике Г.Селье). В динамике регистрировалась электрокардиограмма в I2 общепринятых отведениях до перевязки, после и в период облучения ежедневно до 3, 7, I4 суток.

У всех животных отмечались электрокардиографические изменения, характерные для острого инфаркта миокарда: появление патологического зубца Q, уменьшение зубца T, подъем сегмента ST. У животных, подвергшихся воздействию ЭМИ, выявлена более быстрая типичная для инфаркта миокарда ЭКГ динамика. Изменения ЭКГ, характерные для перехода острой стадии в подострую, в опытной группе животных отмечались уже на первые сутки, аналогичные изменения в контрольной группе обнаруживались лишь на 2-3 сутки после перевязки. В отличие от интактных крыс, к I4 дню исследования у облученных животных выявлена тенденция к уменьшению отрицательного зубца T, в контроле зубец T оставался без существенной динамики. Полученные результаты исследования, очевидно, могут служить подтверждением положительного влияния ЭМИ на течение репаративных процессов при остром инфаркте миокарда.

Запорожан В.Н., Хаит О.В., Балакирева Л.З., Пресняк И.Н.,
Низов В.Н., Погорелов С.О., Низова Н.Н.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СОСТОЯНИЕ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ГИПЕРПЛАЗИИ МАТКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Накопленные в настоящее время экспериментальные данные свидетельствуют о перспективах использования миллиметровых волн в экспериментальной биологии и медицине. Целью настоящего исследования явилось изучение изменения иммунологических показателей у морских свинок с гиперплазией матки под влиянием электромагнитного поля миллиметрового диапазона с длиной волны 7,I мм. Определяли общее количество T- и B-лимфоцитов, их активные фракции, T-клетки с рецепторами для иммуноглобулинов M (T_M) и Щ (T_γ) - преимущественно хелперы и супрессоры соответственно; лимфоциты, образующие розетки с собственными эритроцитами (ауторозетки) и стафилококком (T_{st}); фагоцитарную активность нейтрофилов; НСТ-тест. Состояние иммунной системы изучали у I6 половозрелых самок морских свинок, получивших предварительно, с целью получения биологической модели гиперплазии матки, четырнадцать инъекций синэстрола (I мг/неделю). Кровь брали до, после 5-и, I0-и и I5-и сеансов воздействия (I час/сутки).

Установлено, что после 5-и сеансов СВЧ-воздействия наблюдается достоверное увеличение общего числа T-лимфоцитов, их субпопуляций T_M и T_γ. Достоверно возрастает процент лимфоцитов в формуле крови и ауторозеток. Численные показатели фагоцитарной системы (процент моноцитов, фагоцитарные индекс и число) понизились по сравнению с контрольной группой. После I0-и и I5-и сеансов происходит снижение общего количества B-клеток, повышение количества циркулирующих иммунных комплексов и, по-видимому, как результат этих изменений, возросла фагоцитарная активность нейтрофилов, характеризующая их способность захватывать и переваривать в фаголизосомах инфекционные агенты (NBT-тест).

Проведенные исследования продемонстрировали изменение показателей иммунной системы под влиянием СВЧ-поля, позволили оценить предложенный режим воздействия и научно обосновать направленность последующих работ.

Гуревич М.Е., Перельмутер В.М., Диденко Н.П., Ржевская З.И.

ЗАВИСИМОСТЬ РЕАКЦИИ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ НА СВЧ ОБЛУЧЕНИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ОТ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ И МЕСТА ВОЗДЕЙСТВИЯ

В экспериментах на мышах линии СВА через 3 суток после облучения правого и левого бедра животных гистометрическим методом изучен характер морфологических изменений левого или правого паховых лимфатических узлов (ЛПЛУ и ППЛУ).

Было обнаружено, что на 3-и сутки после облучения левого бедра в периферической крови сохраняется лимфопения. При этом только в ППЛУ наблюдалась инволюция тимуснезависимых зон, угнетение пролиферации и дифференцировки лимфоидных элементов.

Противоположные результаты получены после облучения правого бедра. В периферической крови отмечено возрастание количества лимфоцитов. В лимфатических узлах, наряду с инволютивными процессами в ЛПЛУ, обнаружены отчетливые признаки стимуляции пролиферации лимфоидных клеток и увеличение тимуснезависимых зон.

Анализ результатов показал, что ответная реакция лимфатических узлов на воздействие миллиметровых радиоволн носила общий, опосредованный гипоталямо-гипофизарно-надпочечниковой системой, характер. Полученные эффекты связаны со стороной воздействия, исходным адаптивным состоянием животных и функциональной асимметрией паховых лимфатических узлов.

Гончарова Л.Н., Локшина О.Д., Зингер Е.Н., Исакова Р.Ш.

ГОРМОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ЖЕЛЕЗ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ У ЖИВОТНЫХ

Целью данной работы было изучение влияния ЭМВ мм диапазона на секрецию тиреотропного гормона гипофиза *TSH*, гормонов щитовидной железы T_3, T_4 и надпочечников (кортизола), а также на уровень энергетического обмена в эритроцитах. Исследование гормонального фона проводилось радиоиммунными методами.

Эксперименты поставлены на 22 крысах-самках линии Вистар в возрасте 2-4 месяцев, весом 180-200 г. Облучение проводили на область ушной раковины, на фиксированной волне 5,6 мм при мощности потока 10 мВт в течение часа количество сеансов от 3 до 14. Контрольную группу идентичных необлученных животных составили 22 крысы. Патологического увеличения секреции гормонов при облучении не обнаружено.

У облученных животных уровень гормонов имел тенденцию к увеличению по мере нарастания количества сеансов облучения. T_3 у опытной группы составил 2,24 нм/л, в контроле - 1,1 нм/л, T_4 - 248 нм/л и 230 нм/л, *TSH* - 4,8 нм/л и 4,4 нм/л соответственно. Эти изменения гормонального фона следует рассматривать как положительный фактор, стимулирующий внутриклеточный метаболизм. Доказательством последнему является повышение уровня K^+, Na^+, АТФ-азы на 43,5 %, *Mg* - на 24,7 % по отношению к необлученным животным.

ЭВМ мм диапазона оказывает разностороннее биостимулирующее влияние в организме путем воздействия на различные системы, из которых железы внутренней секреции контролируют все обменные процессы и состояние гомеостаза, положительно влияет на энергетический уровень и возможность более полного использования энергии АТФ самой клеткой.

Локшина О.Д., Гончарова Л.Н., Павлюк В.М., Исакова Р.Ш., Мусаев Ш.М.

ИЗМЕНЕНИЕ ГОРМОНАЛЬНОГО ФОНА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИНФАРКТЕ МИОКАРДА

При остром инфаркте миокарда процессы рубцевания зависят от состояния симпато-адреналовой системы и энергетического обмена. Моделирование инфаркта миокарда производилось путем полной перевязки левой передней нисходящей артерии у 42 крыс-самок линии Вистар в возрасте 2-4 месяцев, весом 180-200 г. 22 крысам ежедневно проводилось облучение на фиксированной волне 5,6 мм, мощность генератора на выходе составляла 10 мВт, расстояние от ушной раковины до рупора волновода было не более 2-3 мм. Всего сеансов облучения давалось от 3 до 14 длительностью один час. Контрольную группу оперированных животных необлученных составили 20 крыс.

Радиоиммунным методом изучался уровень тиреотропных гормонов (T_3 , T_4 , TSH) и коры надпочечников (кортизол). Одновременно в эритроцитах исследовался энергетический обмен. В группе облученных животных уровень T_3 составил в среднем 5,6 нм/л, в контрольной – 5,1 нм/л. T_4 в опытной группе был равен 240 нм/л, в контроле – 226 нм/л, TSH – 5,5 нм/л и 4,7 нм/л соответственно. Повышение активности гормонов щитовидной железы и надпочечников под влиянием ЭМВ мм диапазона способствует усилению процессов гликолиза и окислительного фосфорилирования, стимулирует регенерацию клетки. Анализ внутриклеточного обмена в эритроцитах выявил тенденцию к увеличению K^+, Na^+, Mg^{++}, АТФ-азной активности в 2 раза по сравнению с контрольной группой. Микроволновое облучение, вероятно, оказывает энергостимулирующий эффект на функции основных энергодающих систем эритроцитов, что дает возможность улучшению репаративных процессов при инфаркте миокарда.

Люлько А.В., Щербаков А.М., Ткаченко В.Н., Житник Н.Е.

ИЗМЕНЕНИЯ СЕМЕННИКОВ КРЫС ПОД ВЛИЯНИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

В эксперименте на белых крысах-самцах линии Вистар установлено, что после общего облучения в миллиметровом диапазоне в просвете извитых канальцев семенников обнаружено булавовидное вздутие головок некоторых сперматозоидов, появляются незрелые формы. Повышена секреция клеток слизистой оболочки выносящих канальцев. Сами клетки высокие, содержат вакуоли цитоплазматической жидкости. Отмечается умеренно выраженное полнокровие, локальная инфильтрация лимфоцитами, плазмоцитами, макрофагами.

По истечении периода восстановления в извитых канальцах, расположенных в периферической части яичка, определяются все клетки сперматогенного эпителия, зрелые сперматозоиды. В канальцах же, расположенных по периферии яичка, имеют место деструктивные изменения клеток сперматогенного эпителия и клеток Сертоли, цитоплазма которых вакуолизирована, что вызывает гибель клеток. В интерстициальной ткани повышено количество клеток Лейдига, что говорит о высокой гормональной активности. Длительный период восстановления приводит к нормализации клеток сперматогенного эпителия.

Ткаченко В.Н., Щербаков А.М., Палиенко Л.А.

ХАРАКТЕРИСТИКА АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ У КРЫС ПОСЛЕ СВЧ-ОБЛУЧЕНИЯ

Нами исследовался лейкоцитарный профиль периферической крови у белых крыс после СВЧ-облучения в миллиметровом диапазоне. После подсчета лейкоформулы определяли также соотношение между числом лимфоцитов и сегментоядерных нейтрофилов. Полученный показатель назван коэффициентом адаптации (КА). В наших условиях для контрольных крыс среднее значение КА равно 3,3±0,5. Через неделю отмечалось некоторое увеличение КА ($P>$ 0,05), которое можно расценивать как показатель активации обменных процессов и стимуляции деятельности гормональной системы в организме животных. Однако возрастание количества эозинофилов ($P>$ 0,05) свидетельствуют об относительной недостаточности глюкокортикоидной функции коры надпочечников, напряженности и неполноценности реакции активации. Об этом свидетельствует также тот факт, что через 3 месяца после облучения происходит резкое снижение КА до I,5±0,3, что ниже не только предыдущего срока обследования ($P<$ 0,05), но и ниже нормы ($P<$ 0,05).

Можно сделать вывод о том, что через 3 месяца после СВЧ-облучения в миллиметровом диапазоне в организме крыс развивается неспецифическая реакция адаптации, которую можно оценить как реакцию хронического стресса, при этом уменьшаются не только функциональные, но и потенциальные резервы организма.

Таким образом, способ оценки состояния организма после СВЧ-облучения по соотношению форменных элементов крови может иметь определенное прогностическое значение и может быть рекомендован для использования в практике профилактического обследования рабочих и служащих.

Люлько А.В., Ткаченко В.Н., Щербаков А.М., Житник Н.Е.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧЕК КРЫС ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

Установлено, что общее облучение в миллиметровом диапазоне приводит к достоверному повышению содержания белка в моче. И только после длительного восстановительного периода уровень белка в моче нормализуется. Клубочковая фильтрация в течение всего периода облучения колебалась в пределах нормы. Лишь через 3 месяца облучения выявлено ее достоверное снижение. Спустя I месяц восстановительного периода показатель равен исходному фону, а через 2-3 месяца недостоверно превышает его. Канальцевая реабсорбция не претерпевает существенных изменений, но через 2 месяца облучения она достоверно снижена. В процессе восстановления она несколько выше нормы, однако достоверное различие выявлено только через 2 месяца.

Гистологическое исследование показало, что облучение в миллиметровом диапазоне приводит к увеличению клеток дистальных и проксимальных канальцев, отмечается зернистая и гидропическая дистрофия, лизис ядер. В это время высота клеток нисходящей и восходящей петель нефрона уменьшена, ядра увеличены. Выявлены выраженное полнокровие в венозной системе, инфильтрация межуточной ткани.

Черняков Г.М., Корочкин В.Л.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ МИЛЛИМЕТРОВЫХ РАДИОВОЛН ОТ ИСХОДНОГО СОСТОЯНИЯ БИООБЪЕКТОВ

На биообъектах с различным уровнем организации (отдельные волокна скелетной мышцы, изолированное сердце лягушки, открытое сердце лягушки *in situ* и интактное животное) изучены особенности развития реакций на воздействие миллиметровых радиоволн нетепловой интенсивности в диапазоне 53,56-77,10 ГГц при изменении функционального состояния биообъектов.

Установлено, что при неизменных параметрах облучения реакции биологических систем существенно изменяются в зависимости от их состояния. Однако закономерности реагирования биообъектов, находящихся в разных функциональных состояниях, в ответ на изменение параметров облучения (в изученном диапазоне) принципиально не изменяются.

2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ С МИКРООРГАНИЗМАМИ И КЛЕТКАМИ

Лунева И.О., Шуб Г.М.

ВОЗДЕЙСТВИЕ СВЧ ЭНЕРГИИ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СВОЙСТВА E.Coli И St.aureus, КОДИРУЕМЫЕ ПЛАЗМИДНЫМИ И ХРОМОСОМНЫМИ ГЕНАМИ

Изучена биологическая активность СВЧ энергии заданного диапазона (6,0-6,7 мм) в отношении плазмидных и хромосомных генов кишечной палочки и стафилококка.

Использована капиллярная методика облучения бактериальных взвесей в строго заданном режиме падающей мощности, времени и частоты облучения.

Проведенные исследования показали наличие разнонаправленного биологического эффекта СВЧ энергии мм диапазона в эксперименте со стандартными штаммами *E. coli* J 53, J 62, G M 31 и M S 353. В зависимости от частоты облучения этот эффект проявлялся повышением (снижением) уровня лекарственной устойчивости, кодируемой плазмидами *E. coli* (R 386, R I-19, pBR 325) и *St. aureus* (rms 6 и rms 7), повышением (снижением) трансмиссивности плазмиды R 386, а также ускорением (торможением) роста облученных бактерий с одновременным повышением (снижением) активности некоторых ферментов цикла Кребса.

Эффект достигался при строго определенном времени облучения, падающей мощности малой интенсивности, не зависел от последней в определенных пределах. Резонансные пики активных волн варьировали в диапазоне в зависимости от рода и штамма культуры. Зависимости биологического эффекта от молекулярной массы плазмидной ДНК не выявлено. Отдельные частоты были активны в отношении и скорости роста, и уровней лекарственной устойчивости.

Обнаружен антимикробный эффект определенных длин волн в отношении *E. coli*. Этот эффект носил штаммовый характер и не был связан с воздействием на res A - зависимую репарацию ДНК. Наличие в клетках плазмид групп несовместимости N, iα, ip, E сообщало им устойчивость к повреждающему действию СВЧ энергии мм диапазона.

Брюхова А.К., Буяк Л.И., Голант М.Б., Егоров Н.С., Зиновьева Н.А., Ландау Н.С., Реброва Т.Б.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ БИОСИНТЕЗА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МИКРООРГАНИЗМАМИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ (ЭМИ)

Последнее время одной из первоочередных задач, стоящих перед биологической наукой, является разработка и внедрение новых эффективных и рентабельных технологий производства продуктов микробного синтеза для нужд многих отраслей промышленности, сельского хозяйства, медицины.

В течении ряда лет под руководством академика Девяткова Н.Д. и проф. Егорова Н.С. ведутся работы по изучению влияния ЭМИ на биосинтетическую активность микроорганизмов.

Нами предложен новый способ стимуляции образования биологически активных соединений микроорганизмами под воздействием ЭМИ.

Воздействие ЭМИ миллиметрового диапазона позволяет не только увеличить выход биологически активных соединений, но и получить их комплекс с заданными свойствами, а также интенсифицировать продуцирующую способность клеток. Особенно эффективно это облучение в тех случаях, когда по тем или иным причинам собственная биосинтетическая активность продуцентов снижена.

Биологический эффект, обусловленный облучением ЭМИ, несомненно найдет применение в биотехнологии как при решении практических задач, так и при расшифровке механизма воздействия ЭМИ на живую клетку.

Настоящий доклад посвящается исследованию этих вопросов.

Гуляев Ю.В., Вайнер Г.Б., Губанова Ю.К., Денисова С.Г., Лунева О.И., Мельникова Г.Я., Митина В.С., Полиевктова О.И., Рубин В.И., Шуб Г.М.

ИЗМЕНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И ФОСФОЛИПИДНОГО ОБМЕНА В КЛЕТКАХ *E. coli* ПОД ДЕЙСТВИЕМ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА СВЧ

Исследованы активность малат-, сукцинатдегидрогеназ, пируватдегидроназного комплекса, фосфолипидный и нуклеотидный составы клеток *E. coli* 53 (Р 386), подвергавшихся воздействию миллиметрового диапазона СВЧ ($\lambda\lambda$ – 6,025; 6,075; 6,50 мм, экспозиция 30, падающая мощность – 0,5 мВт).

Определение дегидрогеназной активности определялось спектрофотометрически по методу Ларионовой (1966), фосфолипидный спектр – методом тонкослойной хроматографии по Левачеву (1981), нуклеотидный пул – методом тонкослойной хроматографии на пластинах "Силуфол" по Куделину (1979).

Констатировано значительное снижение активности всех исследованных дегидрогеназ, содержание фосфолипидных фракций и адениловых нуклеотидов в клетках *E. coli* при λ – 6,025 мм.

Воздействие $\lambda\lambda$ – 6,075 мм и 6,50 мм приводило к увеличению активности изучаемых дегидрогеназ. Содержание фосфолипидных фракций и адениловых нуклеотидов оказалось аналогичным описанному выше.

Установлена четкая корреляция изменения активности дегидрогеназ с изменением скорости роста бактерий под воздействием данных длин волн: снижение при облучении λ – 6,025 мм и увеличение при $\lambda\lambda$ – 6,075 и 6,50 мм.

Полученные нами результаты дают основание считать, что СВЧ излучение является причиной изменения структурной организации мембран, состояние липидного состава которых определяет синтез и функционирование адениловых нуклеотидов и активность оксидоредуктаз.

Исмаилов Э.Ш.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ С КЛЕТКАМИ

Теоретические и экспериментальные данные в области биофизики электромагнитного поля (ЭМП) подтверждают выводы первых исследователей о наличии высокой чувствительности биологических объектов к электромагнитным полям и излучениям.

Физико-химическими методами выявлено, что ЭМП наряду с тепловым оказывает на клетки нетепловое действие, наблюдаемое экспериментально, при отсутствии заметного нагрева облучаемого объекта. На наш взгляд в качестве одного из механизмов нетеплового эффекта служит прямое взаимодействие электромагнитного поля с биологическими мембранами, связанное с существенным отличием электрических свойств мембраны, примембранных слоев и окружающей среды. При этом избирательность биомембран к воздействующему полю определяется рядом обстоятельств: молекулярной организацией и типом мембран, составом среды, температурой, условиями эксперимента и пр. Если колебательные характеристики молекулярных осцилляторов мембраны становятся близки или совпадают с частотными характеристиками воздействующего поля, будет иметь место резонанс.

Согласно расчету в СВЧ диапазоне биологическая активность ЭМП должна проявляться уже при интенсивности 10^{-5} Вт/м^2, что по порядку величины соответствует интенсивности радиоизлучения Солнца у поверхности Земли.

Высокая чувствительность биомембран и клеток к воздействующему полю позволяет надеяться, что низкоинтенсивное ЭМП можно с успехом применять в биологии и медицине.

Казаринов К.Д., Шаров В.С., Путвинский А.В.

ДЕЙСТВИЕ ММ ОБЛУЧЕНИЯ НА СУСПЕНЗИЮ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК

Исследовано действие ММ излучения (λ = 8,5 мм, P = I ÷ 20 мВт/см^2) на суспензию клеток дрожжей (*Saccharomyces cerevisae*, штамп X – 2180). Судя по кривым закисления среды в ответ на добавление к суспензии глюкозы, включение облучения не влияло на скорость утилизации глюкозы клетками. В определенных условиях опыта (облучение через тефлоновый излучатель типа "вилка") ММ облучение замедляло падение концентрации кислорода в кювете с дрожжами. Этот эффект объяснен ускорением газообмена с воздухом из-за конвекции в поверхностных слоях, вызванной поглощением СВЧ энергии; скорость дыхания дрожжей при этом, по видимому, не изменяется.

При исследовании одровременного действия ММ излучения и УФ света на клетки дрожжей, осевшие тонким слоем на дно чашки Петри, обнаружено, что ММ облучение усиливает УФ-индуцированный выход из клеток веществ с максимумом поглощения при 260 нм, являющихся, по-видимому, нуклеопротеинами. Этот эффект проявляется при уровнях мощности СВЧ выше 5 мВт/см^2, практически не зависит от мощности до 20 мВт/см^2 и может быть объяснен эффектом межфазной конвекции.

Манойлов С.Е., Конев Ю.Е., Еремеева Н.П., Липин А.Л.

ИЗУЧЕНИЕ ЦИКЛОВ РАЗВИТИЯ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЭМИ ММ ДИАПАЗОНА

Ранее было показано, что облучение культур эукариотных и прокариотных микроорганизмов электромагнитным излучением миллиметрового диапазона при длине волны от 6,2 до 7,3 мм изменяет процессы развития, некоторые морфологические и физиологические признаки культур / С.Е.Манойлов, В.Ф.Кондратьева, Е.Н.Чистякова, Е.А.Двадцатова, И.Б.Бычковская и др. /.

В данной работе ставилась задача изучить возможность интенсификации роста промышленного штамма дрожжей, используемого в качестве белково-витаминной добавки к рациону животных, путем ускорения цикла развития дрожжевых клеток с помощью облучения ЭМИ миллиметрового диапазона.

Опыты проводили на установке, дающей широкопольное дозированное электромагнитное излучение. Облучали покоящиеся и растущие клетки как однократно / в течение I - 3 часов /, так и многократно при различных длинах волн. В результате проделанной работы были выявлены некоторые закономерности влияния электромагнитного излучения на отдельные этапы цикла развития исследованного штамма дрожжей и подобраны оптимальные условия максимального выхода его биомассы.

Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Яковлева М.Н., Мантрова Г.М., Гусев М.В.

СТИМУЛЯЦИЯ РОСТА СИНЕ-ЗЕЛЕНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ММ-ДИАПАЗОНА НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Сине-зеленые водоросли или цианобактерии - морфологически разнообразная группа, обладающая необычайной пластичностью обмена, уникальной устойчивостью к экстремальным воздействиям [I]. Исследованные нами сине-зеленые водоросли *Anacystis nidulans, anabaena variabilis, spirulina platensis, plectonema boryanum, Fremyella diplosiphon* оказались в различной степени чувствительными к воздействию излучения при частоте 36 ГГц и плотности падающей мощности 2,2 мВт/см^2. Продолжительность облучения составляла от I5 мин. до I2 часов. В динамике развития облученных культур сине-зеленых водорослей измеряли следующие параметры: биомассу, РН культуральной жидкости, жизнеспособность. При облучении культуры *a. variabilis* в течение I5 мин. прирост биомассы в процентах к контролю составил 8 %, при облучении в течение I часа, 2 час и 6 час. соответственно 47, 32 и I6 %. После I2 час. облучения наблюдали ингибирование роста (до 70 %) облученной культуры в течение всего периода развития. Для сине-зеленой водоросли *F. diplosiphon* стимулирующий эффект был выявлен только после I2 час. экспозиции. К 22 суткам развития биомасса облученной культуры в 2 раза превышала биомассу контрольной культуры. Облученная культура была более жизнеспособной, так как процент мертвых клеток, не окрашивающихся трифенилтетразолийхлоридом, был значительно ниже, чем в контрольных культурах. Проведенные исследования показали перспективность использования электромагнитного излучения ММ-диапазона низкой интенсивности для стимуляции роста сине-зеленых водорослей.

Литература

I. М.В.Гусев, К.А.Никитина. Цианобактерии. М., "Наука", 1979, 226 с.

3. ЭФФЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Диденко Н.П., Амелин Г.П., Зеленцов В.И., Фалькович В.М., Федоров Н.П., Целиков И.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ГЕМОГЛОБИНОМ МЕТОДОМ ЯГРС ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Использование метода мессабауэровской спектроскопии позволило зафиксировать изменения в конформационной динамике гемоглобина, индуцированные миллиметровым излучением. Целесообразно установить взаимосвязь этих изменений с предполагаемыми некоторыми авторами [I,2] изменениями параметров спинового состояния иона металла активного центра гемопротеина. В этой связи предложен методический подход, заключающийся в сочетании мёссбауэровской спектроскопии с внешним магнитным полем.

В докладе даны характеристики разработанной установки для регистрации мёссбауэровских спектров в сильном магнитном поле с одновременным облучением СВЧ-волнами, выполненной на базе сверхпроводящего соленоида; отмечаются ее особенности, связанные с постановкой эксперимента.

Приводятся результаты по воздействию миллиметрового излучения на гемоглобин и его производные в постоянных магнитных полях до 2Т в широком диапазоне температур. Обсуждается соответствие полученных данных спин-зависимым моделям, а также современным представлениям о внутренней динамике белка.

Литература

I. С.П.Ситько, В.И.Сугаков. - Докл. АН УССР, сер.А., физ-мат. и техн. науки, I984, № 6, с.65-66.
2. В.В.Храпов. Тезисы докладов У Всесоюзного семинара "Изучение механизмов нетеплового воздействия миллиметрового и субмиллиметрового излучений на биологические объекты". М., I983, с.7.

Диденко Н.П., Зеленцов В.И., Чуприкова Е.М.

ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТАНТЫ РАВНОВЕСИЯ РЕАКЦИИ СВЯЗЫВАНИЯ ИОНОВ ФТОРА ГЕМОГЛОБИНОМ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С МИЛЛИМЕТРОВЫМИ ВОЛНАМИ

Исследования, проведенные методами рентгенодинамического анализа и мессбауэровской спектроскопии, показали, что молекулы белков обладают большим числом конформационных подсостояний. Эти подсостояния имеют одинаковую глобальную структуру, но различаются положением и системой водородных связей локальных участков третичной структуры. Естественно предположить, что конформационным подсостояниям белка присуща одна и та же биологическая функция, но, вероятно, в различной степени. Как было показано, взаимодействие белка с ЭМИ мм-диапазона изменяет заселенность конформационных подсостояний и модифицирует динамическое поведение белковой молекулы, что должно сопровождаться изменением его функциональных свойств. В качестве теста для обнаружения таких изменений можно использовать реакцию связывания лигандов гемоглобином.

В работе приведены результаты измерений константы равновесия реакции связывания ионов фтора гемоглобином при взаимодействии с миллиметровыми волнами. Величина константы рассчитана по спектрофотометрическим измерениям на длине волны 603 нм, что соответствует пику поглощения *MetHbF*. В диапазоне (4I,4-43,0) ГГц обнаружено несколько пар резонансных частот с $\Delta f \leq 50$ МГц, вызывающих изменение сродства гемоглобина к лиганду. В каждой из пар одна частота приводит к увеличению, а другая - к уменьшению константы равновесия. Исследована зависимость величины эффекта от времени экспозиции и температуры раствора. Рассчитаны изменения силы связи гемоглобина с лигандом под воздействием облучения. Проведено обсуждение полученных результатов и их связи с существующими моделями взаимодействий.

Горбунов В.В., Диденко Н.П., Зеленцов В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ ГЕМОГЛОБИНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭМИ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА МЕТОДОМ МЕССБАУЭРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

На значительном фактическом материале методом мессбауэровской спектроскопии выявлены характерные особенности динамики молекулы гемоглобина при воздействии ЭМИ мм-диапазона. Вызванная конформационными движениями в белке временная нестабильность мессбауэровских спектров гемоглобина привела к необходимости использования методики эксперимента и обработки данных, суть которой состоит в представлении статистически достоверного спектра в виде временной выборки. Каждый ее элемент является отдельным спектром, снятым в идентичных условиях, а энергетически одноименные точки элементов рассмотрены как дискретная реализация стационарного нормального случайного процесса. Это дает возможность представить динамику поглощения γ-излучения образцом в виде стохастического сигнала в аддитивной смеси с шумом и отличающегося от шума энергетическим спектром. В совокупности с оптимальным алгоритмом обнаружения сигнала данная методика позволяет:

I. Получить исходные распределения и другие статистические параметры для различных по способу получения образцов гемоглобина в различных интервалах температур.

2. По данным энергетических спектров сигналов и их кросс-корреляционным функциям представить мессбауэровские спектры как суперпозицию пиков поглощения, несущих информацию о флуктуациях конформационных подсостояний в белке.

3. Определить влияние ЭМИ с различной длиной волны на расположение пиков и их вероятностные характеристики.

4. Используя временную фильтрацию, сделать вывод о временах релаксации спектров.

Диденко Н.П.

ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕЗОНАНСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ С ГЛОБУЛЯРНЫМ БЕЛКОМ

На основании полученных экспериментальных результатов по резонансному воздействию электромагнитных колебаний (ЭМК) миллиметрового диапазона на гемоглобин строится физическая модель наблюдаемых явлений. Энергия, необходимая для конформационного перехода, может достигаться за счет накопления в молекуле гемоглобина энергии ЭМК от многих (~ 500) квантов.

Согласно современным представлениям это накопление возможно, например, в солитонах. Особенностью солитонов является то, что они могут возбуждаться только при локальных воздействиях. Возникновение солитонов в биологических системах под действием ЭМК может произойти при наличии трансформации части их энергии в звуковые колебания. Звуковые волны, распространяясь в молекуле, как в нелинейной среде могут возбуждать солитоны. Проведенные оценки показали, что длина таких звуковых волн будет сравнима с размерами молекулы и поэтому возможно появление экспериментально наблюдаемых резонансных явлений по схеме: возбуждение концевых частей молекулы передача возбуждения в форме солитона в центр молекулы гемоглобина.

Как следует из экспериментов, добротность наблюдаемых колебаний $Q = f/\Delta f \sim 10^4$. Измерения ε' и ε'' для гемоглобина в исследуемом диапазоне показывают, что $tg\,\delta \sim 0,1$, т.е. добротность ЭМК $Q_{эм} \sim 10$, и поэтому наблюдаемые острые резонансы можно рассматривать как результат преобразования ЭМК в звуковые колебания, которые затем резонансно возбуждают молекулы. Если для таких систем $Q_{зв} \approx 10^4$, то из-за накопления в них энергии влияние ЭМК будет проявляться на фоне тепловых колебаний, поскольку $Q_{\hbar\omega} = 60$ КбТ.

Крамаренко Г.Г., Аносов А.К., Рошупкин Д.И., Балакирева Л.З., Реброва Т.Б., Голант М.Б.

ДЕЙСТВИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТИМОЦИТОВ С ЭРИТРОЦИТАМИ

Тимоциты выделяли из тимуса кролика и суспендировали в физиологическом растворе с добавкой 5 мл глюкозы ($6 \cdot 10^6$ клеток в 1 мл). Суспензия помещалась в пластиковую круглую кювету диаметром 4 см и облучалась сверху при комнатной температуре и постоянном перемешивании магнитной мешалкой. Интенсивность облучения составляла 5 мВт/см^2 или около 40 мВт на 1 мл суспензии, а длительность облучения – 1 час. Контролем служили образцы клеток, инкубированные 1 час при постоянном перемешивании без облучения. Взаимодействие тимоцитов с эритроцитами характеризовали количеством образующихся комплексов (смешанных клеточных агрегатов) и количеством клеток в агрегатах. Установлено, что способность тимоцитов образовывать комплексы с гомологичными эритроцитами может значительно повышаться при действии излучения определенных длин волн. В одной из серий экспериментов эффект описывался следующими данными: количество комплексов тимоцит–эритроциты составляло 100 в контроле, 154–19 после воздействия излучением с длиной волны 6,5 мм и 99–12 после воздействия излучением с длиной волны 6,49 мм.

Шаров В.С., Ильина С.А., Ченская Т.Б., Путвинский А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ И МИКРОВЯЗКОСТЬ ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ

В работе исследован механизм ранее обнаруженного эффекта снижения калиевой проницаемости мембран эритроцитов после ММ облучения. Изучено влияние температуры, ионного состава и внешнего электрического поля на динамику образования и закрывания пор в мембранах эритроцитов методами ионочувствительных электродов и светорассеяния. Изменения ионной проницаемости мембран сопоставлены с данными о микровязкости липидного бислоя эритроцитов, полученными с помощью спиновых зондов. Полученные данные свидетельствуют о том, что эффекты электрического пробоя и миллиметрового облучения эритроцитов обусловлены эволюцией крупных макроскопических дефектов в мембранах, без существенного изменения микроструктуры мембран.

Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Лапшин О.М.

ИЗМЕНЕНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ СИНЕ-ЗЕЛЕНОЙ ВОДОРОСЛИ SPIRULINA PLATENSIS ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ММ ДИАПАЗОНА НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Культуру сине-зеленой водоросли *Spirulina platensis* облучали электромагнитными волнами ММ-диапазона низкой интенсивности. Параметры облучения - частота 36 ГГц, плотность падающей мощности 2,2 мВт/см^2, продолжительность облучения от 30 мин. до 2 часов. Прирост биомассы определяли нефелометрически по величине экстинкции при 680 нм. Реакционную способность (окислительную, антиокислительную) экзометаболитов водорослей измеряли методом химических моделей [I] на оригинальной портативной установке. В качестве модели использовали 3,4-диоксифенилаланин (ДОФА). Контролем была среда без засева водорослей.

У облученной культуры отмечена стимуляция роста от I0% до 96% по сравнению с необлученной ,в зависимости от времени облучения.Реакционная способность /окислительная активность/ выделяемых в среду экзометаболитов у облученной водоросли увеличивалась по сравнению с необлученной на I0-75%,что коррелировало с приростом биомассы.Повидимому,наблюдаемое увеличение окислительной активности отражает повышение жизнеспособности культуры после облучения .

Таким образом,определение реакционной способности культуральной среды водорослей можно использовать в качестве экспресс-метода для характеристики физиологического состояния облученных культур.

Литература

I.А.Х.Тамбиев "Реакционная способность экзометаболитов водорослей".Изд-во МГУ, I984, 72 с.

Божанова Т.П., Брюхова А.К., Голант М.Б., Кичаев В.А., Реброва Т.Б., Тарасова Т.П.

ВЛИЯНИЕ КВЧ ОБЛУЧЕНИЯ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ЦИКЛА РАЗВИТИЯ КЛЕТОК

В биологии уже в течение длительного времени используются так называемые синхронные культуры клеток- культуры клеток, делящихся после очередного цикла развития почти одновременно. Однако число таких циклов развития, заканчивающихся одновременным делением, очень мало. Постепенно моменты деления разных клеток расходятся все более и более, и наступает монотонный экспоненциальный рост культуры. Постепенное расхождение моментов деления отдельных клеток говорит о наличии небольших различий в длительности цикла их развития. Было высказано предположение, что эти различия обусловлены несовпадением резонансных частот, на которые настроена их информационная система. Предположение нашло подтверждение в серии экспериментов, проведенных на культуре дрожжей, показавших, что:

а) внешним облучением на определенных фиксированных частотах КВЧ диапазона, синхронизующим частоты колебаний отдельных клеток, указанные различия в длительности цикла их развития можно устранить;

б) при модуляции частоты колебаний внешнего излучения в диапазоне, близком I% средней частоты, различия в длительности цикла делений отдельных клеток оказываются приблизительно такими же, как и в наблюдаемой структуре.

Обсуждаются вопросы практического применения этого явления.

Голант М.Б., Сотников О.С.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И КВЧ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗМЕНЕНИЙ, ПРОИСХОДЯЩИХ В КЛЕТКАХ ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Уже около 20 лет в литературе обсуждается влияние КВЧ излучений нетепловой интенсивности на жизнедеятельность различных организмов от бактерий до человека. При этом было установлено значительное влияние облучения на восстановление нормального функционирования после различных повреждений, а также на приспособление организма к функционированию в неблагоприятных условиях. Действие КВЧ облучения на изменение нормального функционирования незначительно.

Это заставило думать, что в неблагоприятных условиях в живых организмах происходят морфологические изменения, содействующие восприятию внешних КВЧ излучений и выработке управляющих сигналов, влияющих на их жизнедеятельность. Действительно, наблюдаемые в этих условиях морфологические изменения количественно и качественно соответствуют тем, которые можно ожидать на основе КВЧ радиотехнических исследований.

Бигдай Е.В., Самойлов В.О., Черняков Г.М.

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ, ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ СЕРДЦА ЛЯГУШКИ НА МИЛЛИМЕТРОВЫЕ РАДИОВОЛНЫ

В развитии реакций биологических систем на воздействие миллиметровых радиоволн нетепловой интенсивности важное значение имеют процессы, происходящие непосредственно в области падения ЭМВ на объект. Такие реакции удобно изучать на объектах, соизмеримых с длиной волны.

При помощи комплекса биофизических методов на изолированном сердце лягушки изучены некоторые метаболические, электрофизиологические и биомеханические реакции, возникающие при облучении ЭМВ с плотностью потока энергии не более I00 мкВт см$^{-2}$ в диапазоне 53,56 - 77,I0 ГГц.

Установлено, что в большинстве случаев латентные периоды локальных реакций на воздействие миллиметровыми радиоволнами не превышают I80 с; при однократном облучении длительностью I - I0 минут реакции обратимы и хорошо воспроизводятся как на одном и том же, так и на разных препаратах; зависимость интенсивности всех исследованных реакций от частоты воздействующего излучения (при шаге изменения частоты I00МГц) не имеет острорезонансного характера.

Черняков Г.М., Корочкин В.Л., Соловко П.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ СЕРДЦА ЛЯГУШЕК ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ МИЛЛИМЕТРОВЫМИ РАДИОВОЛНАМИ

В докладе представлены данные об изменении ЭКГ у лягушек при облучении сердца, печени, брызжейки и различных участков кожи животного радиоволноми в диапазоне 53,56 - 77,I0 ГГц при плотности потока энергии I00-250 мкВт см$^{-2}$. Изучена динамика биоэлектрической активности в нервах, питающих облучаемые участки кожи лягушки и вегетативных (симпатическом и вагосимпатическом) стволах.

Установлено, что изменения ЭКГ (изменения Р - Р интервалов, амплитуды зубца Т и др.) имеют место как при непосредственном облучении сердца, так и при других локализациях воздействия ЭМВ на лягушку. Характер изменений ЭКГ и варианты развития их во времени различаются в зависимости от области первичного воздействия радиоволн. Динамика биоэлектрической активности в изученных нервных стволиках коррелирует с воздействием ЭМВ на животное.

Смирнов А.Ю., Севастьянова Л.А.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА ФОСФОЛИПИДНЫХ МЕМБРАН В ПОЛЕ РАДИОВОЛН МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА СЛАБОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Разработан метод изучения молекулярной динамики биологических и модельных мембран в поле радиоволн миллиметрового диапазона (РМД) слабой интенсивности. Метод основан на последовательной регистрации взаимно ортогональных составляющих линейно поляризованного света флуоресценции молекулярных зондов после импульсного лазерного возбуждения наносекундной длительности. Специально собранный импульсный флуориметр был состыкован с генератором РМД путем помещения термостатируемой микрокюветы в просвет волновода. Молекулярную динамику липосом из лецитина оценивали с помощью следующих параметров флуоресцентных зондов I - анилинонафталин - 8 - сульфоната (АНС) и 4 - диметиламинохалкона (ДМХ): предельного угла вращательных качаний θ_0 , параметра порядка S , равновесной анизотропии поляризации флуоресценции r_{oo} , времени жизни возбужденного состояния τ .

Показано, что в поле РМД слабой интенсивности (плотность потока мощности 5 мВт/см^2, длина волны 7,10 мм) происходят изменения значений параметров молекулярной динамики мембран липосом из лецитина по сравнению с контролем. Влияние РМД проявляется уже через 2 минуты облучения. Выраженность изменений параметров молекулярной динамики в поле РМД зависит от фазового состояния мембран во время облучения. Наибольший эффект действия РМД регистрируется в области температур структурных перестроек - 31°С. При всех исследованных температурах суспензии липосом, кроме 28°С, значения θ_0 АНС в мембранах липосом из лецитина лежат выше уровня контроля, что указывает на повышение подвижности фосфолипидов. Анализ полученных данных позволяет предположить, что изменение времени жизни динамических дефектов на границах липидных кластеров является вероятным механизмом действия РМД слабой интенсивности на мембранные структуры.

Емец Б.Г.

ВЛИЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА СТЕПЕНЬ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЭРИТРОЦИТАРНЫХ МЕМБРАН, ОБУСЛОВЛЕННОГО МИЛЛИМЕТРОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

Облучение цельной крови мм радиоволнами дотепловой интенсивности уменьшает время диффузионного водного обмена через эритроцитарные мембраны. Эти результаты согласуются с выводами работ, выполненных в ИРЭ АН СССР и объясняющие их уменьшением эффективной толщины примембранного водного слоя за счет микроконвекции. Водный раствор, омывающий биологическую мембрану, поглощает миллиметровое излучение в очень тонком слое, что приводит к значительным температурным градиентам, возникновению конвекционных микропотоков, увеличению суммарной проницаемости мембран.

Лекарственные препараты, взаимодействуя с живыми клетками, влияют на их функции. В настоящем сообщении показано, как присутствие лекарственных препаратов отражается на изменении водной проницаемости эритроцитарных мембран, подвергнутых облучению на волне 6 мм. Время диффузионного водного обмена через эритроцитарные мембраны определялось при помощи ядерного магнитного резонанса по методике "парамагнитного допинга". Двадцатиминутное облучение образца крови уменьшает время обмена на 10,9 % (с 11,0 до 9,8 мс); следовательно, при этом проницаемость мембраны увеличивается. Присутствие лекарственного препарата в терапевтических концентрациях обеспечивает возрастание времени обмена, т.е. уменьшает проницаемость мембраны для воды. Например, витамин В-12 повышает его до 12,9 мс, витамин С - до 12,4 мс, а новокаин - до 12,5 мс. Облучение мм волнами в течение 20 минут снизило время водного обмена через мембраны эритроцитов в присутствии витамина В-12 до 12,0 мс (на 7 %), в присутствии витамина С - до 12,2 мс (на 1,7 %), в присутствии новокаина - до 9,8 мс (на 2,4 %). Это означает уменьшение проницаемости мембран для воды по сравнению со случаем мм облучения крови в отсутствие лекарственных препаратов.

Следует считать, что указанные лекарственные препараты, влияя определенным образом на биомембрану, одновременно повышают ее инертность, устойчивость к мм излучению.

Шаров В.С., Полников И.Г., Путвинский А.В.

ПЛАВЛЕНИЕ ЛИПОСОМ ИЗ ДИПАЛЬМИТОИЛЛЕЦИТИНА ПРИ ПОГЛОЩЕНИИ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ

Исследовано влияние ММ облучения (8,47 мм) на фазовый переход гель - жидкий кристалл в липосомах из дипальмитоиллецитина. Сравнение кривых изменения светорассеяния суспензий липосом при нагреве двумя способами: ММ облучением (I,5 Вт) или ИК облучением с равной скоростью - показывает снижение температуры плавления при СВЧ нагреве приблизительно на 0,5^{o} С. Эффект объясняется спецификой СВЧ нагрева липосом в зоне поглощения ММ волн в кювете.

Измерение поглощения ММ излучения суспензией липосом в капиллярах и в плоских кюветах (по соотношению падающей и проходящей мощности в тракте или с использованием метода акустического детектирования поглощенной мощности) демонстрирует возможность применения ММ волн для регистрации плавления липосом.

4. ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Девятков Н.Д., Кислов В.В., Чернов З.С.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Рассмотрено действие электромагнитных полей / ЭМП / на структурные составляющие биообъектов клеточного уровня - плазматические мембраны, структурные группы макромолекул, поляризованные молекулы, ионы, электроны. Приведены оценки смещений структурных групп макромолекул во внешнем поле для случая мощных /~ I0 МВт/см^2 /, но коротких /~ I5 нсек / нетепловых импульсов ЭМП и непрерывного миллиметрового излучения малой мощности / ~ I0 мВт/см^2 /: $x_0 \sim qE_0/M\omega_0^2$, где X_0 - максимальное смещение, q - заряд, M - масса структурной группы, E_0 и ω_0 - соответственно амплитуда и частота ЭМП. Показано, что для таких импульсных воздействий смещения структурных групп оказываются сравнимыми с расстояниями между ними, что приведет к нелинейным эффектам взаимодействия, рассчитываемым по методам, аналогичным используемым в нелинейной оптике. Нелинейные эффекты оказываются возможными также при воздействии миллиметрового излучения малой мощности на внутримембранные структурные компоненты с диэлектрическими свойствами, измененными сильным /$E \sim 10^5$ В/см / постоянным полем плазматической мембраны, что, в частности, приводит к возможности резонансного поглощения этими структурными компонентами в СВЧ-диапазоне. Нелинейные эффекты увеличивают вероятность туннелирования сквозь потенциальный барьер между различными конформационными состояниями биологических структур, что может привести к изменению структуры и функции биологических объектов при воздействии на них ЭМП.

Балабин И.А., Кислов В.В.

КЛЕТОЧНЫЙ СПИНОВЫЙ РЕЗОНАНС – РЕЗУЛЬТАТ КОЛЕБАНИЙ МЕМБРАНЫ

Явление клеточного спинового резонанса / КСР / состоит во вращении с частотой $\nu_{вр}$ клетки, помещенной во вращающееся с частотой ν неоднородное электрическое поле. $\nu_{вр}$ квадратично зависит от напряженности электрического поля E и резонансно зависит от ν, причем наблюдаются два максимума: вращения клетки против поля / при $\nu \sim 10^5-10^6$ Гц / и вращения клетки в направлении вращения поля / при $\nu \sim 10^7-10^8$ Гц /.[I].

Эти особенности КСР хорошо объясняются действием неоднородного электрического поля на плазматическую мембрану клетки, обладающую значительным электрическим зарядом. В неоднородном вращающемся поле клетка растягивается вдоль его градиента, причем направление растяжения вращается вместе с полем. При этом вращение клетки определяют два конкурирующих эффекта: " отдача " за счет потери момента импульса при акустическом излучении и эффект увлечения за счет движения деформаций мембраны. Частота вращения клетки определяется выражением

$$\nu_{вр} \sim \frac{1}{32\pi^2} \cdot \frac{E^2 \sigma^2}{\rho \cdot \eta \cdot R} \cdot \left[\frac{1}{\pi^2 R} \left(\frac{1}{(\nu_1^2-\nu^2)^2+\Gamma_1^2 \nu^2} \right)^{1/2} - \frac{1}{48 v_{зв}} \left(\frac{\nu^2}{(\nu_0^2-\nu^2)^2+\Gamma_0^2 \nu^2} \right)^{1/2} \right] \cdot \beta^2, \quad (1)$$

где σ – поверхностная плотность заряда мембраны, ρ, η и $v_{зв}$ – соответственно плотность, вязкость и скорость звука в воде, ν_0 – собственная частота дипольных механических колебаний клетки, $\nu_1 \sim v_{зв}/2\pi R$, R – радиус клетки, $\beta \sim 1$ – фактор неоднородности электрического поля, $\Gamma_0 \sim \nu_0$, $\Gamma_1 \sim \nu_1$. Формула (I) хорошо соответствует экспериментальным данным [I,2].

Представляется интересным исследовать изменение параметров КСР согласно (I) для различных патологических состояний клетки и при воздействии миллиметрового излучения.

Литература

I. K.V.I.S.Kaler, R.H.Johnston – J. Biol. Phys., v.13, 69, (1985)

2. M.Mischel, I.Lamprecht – J. Biol. Phys., v.11, 43, (1983)

Балабин И.А., Кислов В.В.

ЗАДАЧА ФЕРМИ–ПАСТА–УЛАМА И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ КЛЕТОК

В распределенной системе нелинейно связанных осцилляторов – системе Ферми – Паста – Улама / ФПУ / – может происходить условно-периодическая конденсация энергии в нижние моды колебаний [I]. Есть основания считать, что в ФПУ-системе с подкачкой энергии извне / например, посредством воздействия миллиметровых волн / такая конденсация может быть стабильной, аналогично фрелиховской бозе-конденсации [2]. Рассматривая плазматическую мембрану клетки как ФПУ-систему, находим, что конденсация тепловой энергии ее колебаний приводит к возбуждению механических дипольных колебаний клетки с частотой

$$\nu_g = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_g}{m_g}}, \quad K_g \sim 0{,}6 \cdot 8\pi\alpha, \quad m_g \sim 8\rho R^3;$$

где α – коэффициент поверхностного натяжения мембраны, ρ – плотность воды, R – радиус клетки. Частота ν_g лежит в диапазоне 10^5-10^6 Гц, амплитуда колебаний $\delta \sim 10^3$ Å / для R = 2.5 мкм /.

Механические дипольные колебания клетки индуцируют электрические квадрупольные колебания с квадрупольным моментом $Q_{xx} \sim 10^{-12}$ ед. Создаваемая при этом напряженность электрического поля $E \sim$ 100–200 В/см на расстоянии 4 мкм от клетки, что соответствует экспериментальным данным [3]. Электрическое взаимодействие клеток намного сильнее акустического. Условие преобладания сигнала над тепловым шумом [4] определяет радиус взаимодействия клеток $r_2 \sim$ 100 мкм, что и наблюдается, например, в явлении агрегации эритроцитов [5].

Литература

I. E.Fermi, J.R.Pasta, S.M.Ulam. – Los Alamos Rep. LA-1940, 1955.

2. H.Frohlich. – Int. J.Quant.Chem., v.2, 641(1986).

3. H.A.Pohl. – Coll.Phen., v.3, 221(1981).

4. Ю.Б.Гуляев и др. – ДАН СССР, т. 283, I495 / I985 /.

5. S.Rowlands. – In: Coherent Excitations ... – Berlin: Springer, 1983.

Бецкий О.В., Путвинский А.В.

ПЕРВИЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Приводятся основные результаты, полученные в опытах по исследованию действия миллиметрового излучения на суспензии клеток, мембранные структуры, модельные системы. Обсуждается роль сильного поглощения миллиметровых волн молекулами воды в механизме реакции живых систем на ММ облучение.

Шаров В.С., Твердохлеб П.Е., Ильина С.А., Путвинский А.В.

МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ НА АГРЕГАЦИЮ ЭРИТРОЦИТОВ

ММ излучение ускоряет агрегацию эритроцитов в растворах сахарозы. Исследовано влияние различных факторов (ионной силы, pH, температуры среды) на скорость агрегации эритроцитов в такой системе. Показано, что электрический пробой мембран внешним электрическим полем или собственным диффузионным потенциалом предотвращает агрегацию эритроцитов.

Исследована взаимосвязь нарушения барьерной функции мембран и способности к агрегации эритроцитов после ММ облучения.

Обсуждаются возможные механизмы взаимодействия между эритроцитами в растворах неэлектролитов с низкой ионной силой, густых суспензиях клеток и препаратах крови.

Шашлов В.А.

О МЕХАНИЗМЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Показано, что спектр частот, на которых наблюдаются нетепловые эффекты миллиметрового излучения, совпадает со спектром локальных мод белковых молекул в клеточных сверхрешетках: периодических структур с периодом 10^{-6} см, которые имеют место во многих клеточных органеллах. Сделан вывод, что нетепловые эффекты имеют в своей основе резонансное взаимодействие миллиметрового излучения с локальными модами белковых молекул, встроенных в клеточные сверхрешетки. Большое разнообразие и универсальный характер нетепловых эффектов объясняется тем, что локальные моды выполняют в организме важные функции.

Во-первых, вследствие большого времени жизни локальные моды могут служить промежуточным носителем энергии (еще одним сопрягающим фактором) в метаболических процессах. Энергии нескольких локальных мод достаточно для понижения активационного барьера на 20 ÷ 40 кДж/моль, что позволяет объяснить высокую скорость ферментативных реакций.

Во-вторых, при достаточно больших потоках энергии, которые имеют место в перехватах Ранвье и мембранах митохондрий, локальные моды синхронизируются, образуя когерентные акустоэлектрические волны. Эти волны могут выполнять функции носителя информации в постулированной Н.Д.Девятковым и М.Б.Голантом высокочастотной информационной системе живых организмов. Посредством акустоэлектрических волн, распространяющихся по биологическим мембранам, как по волноводам, может осуществляться согласование режимов работы отдельных органелл и соседних клеток (в частности, согласование темпов их деления), а также обработка и запись информации в кратковременной памяти.

Указаны пути экспериментальной проверки предложенной модели возникновения нетепловых эффектов миллиметрового излучения.

Исаева В.С., Брюхова А.К., Голант М.Б., Колпаков А.П., Раттель Н.Н., Реброва Т.Б.

К ИЗУЧЕНИЮ МЕХАНИЗМА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ (ЭМИ) НА МИКРООРГАНИЗМЫ

За последние годы внимание привлекают исследования, проводимые в СССР и за рубежом, в которых изучалось биологическое действие ЭМИ. В литературе имеются данные о действии ЭМИ на макромолекулы, микроорганизмы, на организм животных.

Появилось значительное число работ, посвященных обсуждению механизма указанного воздействия.

В работе приведены экспериментальные данные, полученные при изучении влияния ЭМИ миллиметрового диапазона на пивоваренные дрожжи. Особый интерес представляют данные по изучению потребления клеткой различных сахаров, стойкости дрожжей к автолизу, потребность дрожжей в витаминах, осморезистентность.

Анализ приведенных данных приводит к выводу об изменении проницаемости мембраны живой клетки пивоваренных дрожжей под воздействием ЭМИ.

Приведенные материалы подтверждают теоретические предпосылки группы авторов под общим руководством академика Н.Д.Девяткова об информационном характере воздействия ЭМИ на живые организмы.

Голант М.Б., Сотников О.С.

УЛЬТРАСТРУКТУРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ ЖИВЫХ КЛЕТОК

Имеется достаточно данных, свидетельствующих о том, что многочисленные эффекты электромагнитного излучения миллиметрового диапазона нетепловой интенсивности (ЭМИ) на функции живых клеток и организмов связаны с резонансным воздействием на их собственные колебания. Источником этих колебаний могли бы служить белки, другие макромолекулы их агрегаты при наличии синхронизации со стороны клеточных мембран. Результаты расчета, проведенного на основе этих представлений, удовлетворительно совпадают с экспериментальными данными по спектрам действия ЭМИ. По данным расчета длина волны колебаний в мембране для средней частоты миллиметрового диапазона имеет порядок 100 Å, разность частот между соседними линиями спектра может иметь порядок 10 МГц. Число различных видов колебаний может доходить до десятков тысяч. При таких длинах волн электромагнитная связь колебаний в мембране может осуществляться только с помощью одиночных или групповых зондов. Структурной основой таких зондов для клетки могли бы стать ответвления мембран, межмембранные агрегаты или плотные белковые агрегаты в межклеточных щелях, соединяющие мембраны. В экспериментах на живых клетках (нейронах) с помощью УФ-микроспектрометрии, а также путем электронной микроскопии нами было обнаружено при нарушении гомеостаза неспецифическое явление увеличения адгезии околомембранных белков с образованием плотных агрегатов под мембраной и в межклеточной щели. Эти структуры могут играть роль зондов, связывающих мембрану с внешним пространством, т.е. стать структурной основой электромагнитных связей мембраны. Эти связи, так же как и максимальный эффект действия ЭМИ, наблюдаются в неблагоприятных для клеток ситуациях. При наличии системы агрегатов расстояния между соседними агрегатами нередко близки к расчетной длине волны в мембране (100-120 Å). Высота агрегатов составляет десятки ангстрем и достаточна для обеспечения связи.

Приведенные данные ультраструктурного анализа согласуются с результатами радиотехнических исследований и выстраиваются в систему взаимодополняющих фактов.

Запорожан В.Н., Хаит О.В., Низов В.Н., Руденко С.В., Погорелов С.О., Пресняк И.Н., Коротаев А.И.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОГО МЕХАНИЗМА БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА ИММУННУЮ СИСТЕМУ

Исследовался эффект нетеплового (специфического) действия СВЧ-излучения на состояние иммунной системы 20-и интактных самок морских свинок массой 200-250 г. Животные были разделены на 2 равные группы - опытную и контрольную. СВЧ-воздействие (λ = 7,1мм) осуществляли в течение 1 часа на заднюю лапу морских свинок ежедневно, 15 дней. В контрольной группе животных подвергали аналогичной манипуляции, но без включения прибора (плацебо). Изучение состояния иммунной системы осуществляли до начала эксперимента, после 5-го, 10-го и 15-го сеансов.

После завершения эксперимента животных забивали, определяли вес печени и селезенки.

Изучали также показатели иммунитета, как общее количество Т- и В-лимфоцитов, фагоцитарная активность нейтрофилов, циркулирующие иммунные комплексы, лейкоцитарная формула крови.

Установлено, что у морских свинок опытной группы общее количество Т- и В-лимфоцитов после 5-и сеансов СВЧ-воздействия повышалось, а фагоцитарная активность нейтрофилов повышалась только после 15-и сеансов воздействия ($57,1 \pm 4,2\%$ в контроле и $72,5 \pm 4,8\%$ в опыте, $P < 0,05$). Общее количество Т- и В-лимфоцитов после 15-и сеансов снижалось.

Необходимо отметить, что в том случае, когда сравнение иммунологических показателей осуществляли без учета фаз эструса, различия были недостоверны. Очевидно, что при сравнении самок опытной и контрольной групп необходимо учитывать фазы эстрального цикла. Полученные предварительные данные свидетельствуют о необходимости дальнейшего исследования состояния иммунной системы под влиянием СВЧ-воздействия.

Манойлов С.Е., Кондратьева В.Ф., Конев Ю.Е., Ионова Л.А., Липин А.Л.

О БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМАХ ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

В течение более 20 лет под руководством и по инициативе академика Н.Д.Девяткова мы исследовали биологическое действие ЭМИ мм-диапазона на органические молекулы / ферменты, макроэрги, аминокислоты/, живые организмы, микроорганизмы, насекомые и др.

В результате проведенных исследований мы обнаружили следующие закономерности при облучении объектов. Эффект облучения зависит от длины волны, экспозиции и кратности обработки. Показано на примере железосодержащих ферментов - гемоглобина, каталазы, цитохрома С, что при действии определенных длин волн происходит переход из низкоспинового в высокоспиновое состояние атома железа. При действии на макроэрги и аминокислоты наблюдалось тушение и инактивация люминисценции. При многократном облучении микроорганизмов существенно изменяется метаболизм клеток, в некоторых случаях усиливается биосинтез нуклеиновых кислот и белка, снижается патогенность и пигментообразование. Отмечено мутагенное действие ЭМИ на дрозофил.

Анализ всех полученных данных позволяет сделать предположение о том что при облучении происходит изменение молекулы воды и подкисление среды. Это может служить причиной расщепления двуцепочной ДНК и начала деления клетки. Выдвинута гипотеза о влиянии ЭМИ мм-диапазона на специфические биоритмы микроорганизмов, их электромагнитную "память", что отражается на изменении цикла развития клеток в ряде генераций.

Бабенко А.П., Бигдай Е.В., Корочкин В.Л., Черняков Г.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕАГИРОВАНИЯ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ МИЛЛИМЕТРОВЫХ РАДИОВОЛН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ БИООБЪЕКТОВ

Для понимания механизмов развития реакций сложных биологических систем (в том числе животных и человека) на воздействие радиоволн миллиметрового диапазона с ППЭ ниже теплового порога представляет интерес сравнение характера реагирования биологических систем с разным уровнем интеграции.

В работе были исследованы биообъекты, обладающие регуляторными механизмами разной сложности и образующие ряд, восходящий от фрагмента изолированного органа к целому животному.

В докладе представлены данные об изменениях автоматии и других показателей функционального состояния фрагмента изолированного сердца лягушки, целого изолированного сердца и не извлеченного из организма сердца с интактной иннервацией при воздействии миллиметровых радиоволн с ППЭ около 100 мкВт см$^{-2}$ в диапазоне 53,56 - 77,10 ГГц. По мере усложнения биосистемы увеличивается разнообразие наблюдаемых реакций, уменьшается амплитуда идентичных по характеру ответов, увеличиваются их латентные периоды. Имеются различия в характере изменений реагирования систем с различным уровнем интеграции при изменении частоты и интенсивности воздействующих ЭМВ.

Родштат И.В.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Обсуждаются три фактора, предположительно определяющих взаимодействие: I) внеклеточная вода и коллаген; 2) внутриклеточный метаболизм; 3) биологически активные вещества. Значение первого фактора связано с особенностями строения кожи и характером поглощения энергии миллиметровых волн в биологических средах с высоким содержанием воды. Известно, что кожа примерно на 63 % состоит из воды и на 30 % из внеклеточного белка коллагена. Вода и коллаген в коже сосуществуют не автономно, а в непосредственной взаимосвязи. Так, около 64 % от всей воды в коже входит в состав тканевой жидкости коллагена, а еще 23 % связано с протеогликанами. Последние располагаются на поверхности коллагеновых волокон, защищая их от разрушения коллагеназ. Конкретная разработка этого фактора позволяет понять феномен сенсорной рецепции, т.е. рецепции на уровне организма, предположительно осуществляемой тельцами Руффини. Фактор внутриклеточного метаболизма важен для понимания феномена биохимической рецепции миллиметрового излучения, т.е. рецепции на уровне клетки. По-видимому, ключевыми являются метаболические процессы β типа по Лабори (пентозофосфатный цикл и окислительное фосфорилирование). Клетки с такого рода метаболизмом имеются в венозной стенке, легочных артериях, печени, хрусталике, заднем гипоталамусе. К ним относятся также лейкоциты и фибробласты, т.е. клетки, продуцирующие коллаген и протеогликаны. Значение третьего фактора определяется тем, что биологически активные вещества отражают промежуточный этап взаимодействия миллиметрового излучения с организмом, начиная в свою очередь, цепную реакцию последующих изменений. Здесь играют роль биогенные амины, нейропептиды, простагландины и α_2-макроглобулин, ингибирующий коллагеназы.

Чукова Ю.П.

СКОРОСТЬ ГЕНЕРАЦИИ ЭНТРОПИИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С БИОСИСТЕМАМИ

Ранее показано [I], что термодинамический метод Ландау-Вайнштейна может быть использован для описания процессов взаимодействия электромагнитного излучения с биосистемами. Пороговый характер процесса является следствием существования термодинамического запрета на протекание эндоэргических реакций, вызванных электромагнитным излучением. В предположении термодинамической обратимости процесса электромагнитное излучение со спектральной плотностью потока энергии E_ν^0, удовлетворяющей соотношению

$$\frac{E_\nu^0}{\mathcal{E}_{\nu,T}} = \frac{kT}{h\nu}\left[\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right)-1\right]\left[(\rho_0+1)\ln(\rho_0+1)-\rho_0\ln\rho_0\right],$$

уже не может вызвать эндоэргической реакции. Здесь h - постоянная Планка, k - постоянная Больцмана, T - температура биосистемы, ν - частота поглощенного излучения, E_ν - его спектральная плотность, $\mathcal{E}_{\nu,T}$ - спектральная плотность потока энергии абсолютно черного тела температуры T, c - скорость света, $\rho_0 = c^2E_\nu^0/2\pi h\nu^3$. Для протекания такой реакции нужны более высокие E_ν. Принимая во внимание существенную необратимость процессов взаимодействия мм-излучения с биообъектами, на основе формулы (I9) работы [I] выполнена оценка скорости генерации энтропии вследствие необратимости и определено место исследуемых процессов в общей системе эндоэргических реакций. Формула (I9) может быть рекомендована экспериментаторам для обработки данных, что поможет ответить на вопрос, проявляется ли в этих процессах индивидуальность каждого объекта, как это имеет место в процессах зрения человека, или нет.

Л и т е р а т у р а

I. Ю.П.Чукова. Сб. "Применение миллиметрового излучения низкой интенсивности в биологии и медицине", ИРЭ АН СССР, М., I985, с. I47.

5. ММ-СПЕКТРОСКОПИЯ; ДИЭЛЕКТРОМЕТРИЯ

Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Завизион В.А., Кудряшова В.А., Перепечкина Т.Л., Хургин Ю.И.

ГИДРАТАЦИЯ ЖЕЛАТИНЫ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В работе исследованы концентрационные (5-30 % по весу желатины) зависимости поглощения $\alpha(c)$ мм излучения ($\lambda \approx 2$ мм) тройной системой желатина+вода+мочевина (I) в интервале температур I0-40°C. Исследования проведены с растворами желатины, приготовленными на I и 4 М растворах мочевины.

Мочевина, как нами показано ранее, разрушает структуру воды, т.е. увеличивает вращательную подвижность молекул воды в растворе в сравнении с чистой водой. С другой стороны, мочевина может взаимодействовать с макромолекулой желатины, вытесняя связанную с желатиной воду. Проведенные исследования показали, что характер зависимости $\alpha(c)$ для тройной системы I не отличается от характера зависимости $\alpha(c)$ для двойной системы желатина+вода (II). На основании полученных величин α исследуемых растворов рассчитаны степени гидратации Hs (г·H_2O/г) желатины. Показано, что в случае системы I, как и системы П, температура (I0-40°C) не оказывает существенного влияния на гидратацию желатины, что, по-видимому, является свидетельством того, что основным типом гидратации желатины является полярная. В пределах точности эксперимента не обнаружена зависимость гидратации желатины от присутствия мочевины в системе, что дает возможность предполагать, что роль мочевины в системе I заключается в разрушении структуры воды.

Лященко А.К., Харькин В.С., Лилеев А.С.

ГИДРОФОБНАЯ И ГИДРОФИЛЬНАЯ ГИДРАТАЦИЯ ПО ДАННЫМ СВЧ СПЕКТРОСКОПИИ

Особенности состояния воды в биологических объектах в значительной мере определяют характер поглощения СВЧ излучения. Водные растворы полярных неэлектролитов с различными функциональными группами рассматриваются как объекты для моделирования взаимодействий биополимеров с водой. На основе измерений комплексной диэлектрической проницаемости растворов альдегидов, амидов, одноатомных и многоатомных спиртов, карбоновых и ряда других кислот (всего 2I система) на частотах 9.4, I4.0, 25.0 ГГц в интервалах температур 5-50°или I0-40°С найдены характеристики процесса диэлектрической релаксации, отражающие динамику сетки Н - связей в растворах в процессе поляризации водного диэлектрика. Определены активационные параметры процесса, характеризующие степень связанности и структурированности воды. Показаны различия ее структурных изменений под действием разных функциональных групп молекул. Молекулы с гидрофильной гидратацией в разной степени нарушают структуру воды. Нарушающее действие полярных групп проявляется как при образовании более сильных, так и более слабых связей с водой по сравнению со связями вода-вода. Стабилизация структуры воды под действием полярных групп наблюдается только в случае структурно-геометрического соответствия внедряющейся молекулы структуре воды. Выделены проявления гидрофобной гидратации в процессах ориентационной поляризации, которые могут рассматриваться как критерий ее наличия. Она растет с увеличением числа неполярных групп, наличие полярных групп снижает эти эффекты. Влияние неполярных групп на воду значительно сильнее, чем полярных групп, сходных по размеру и строению. Показаны взаимовлияния растворенных частиц, осуществляющиеся через структурированную объемную воду по данным для тройных систем. Эффекты гидрофобной гидратации в биологических водных системах возможны только при достаточных концентрациях свободной воды и исчезают, когда имеется только вода, связанная в гидратных оболочках макромолекул.

Завизион В.А., Кудряшова В.А., Бакаушина Г.Ф., Беляков Е.В., Зиновьева Н.Б., Храпко А.М., Хургин Ю.И., Церевитинова Н.Г.

ЧАСТОТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ ВОДНЫМИ РАСТВОРАМИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В работе исследованы концентрационные зависимости поглощения $\alpha(c)$ мм излучения в диапазоне λ = 0,4I - 6,24 мм водными растворами диметилсульфоксида (ДМСО) и диметилформамида (ДМФА) с целью установления зависимости рассчитанных чисел гидратации $N_г$ ДМСО и ДМФА от λ излучения. Показано, что во всем исследованном диапазоне частот излучения качественный характер зависимости $\alpha(c)$ сохраняется: $\alpha_{эксп} < \alpha_{ДМСО(ДМФА)} + \alpha_{H_2O}$ Наблюдается слабая зависимость $N_г$ ДМСО и ДМФА, рассчитанных из величин $\delta\alpha = \alpha_{ад} - \alpha_{эксп}$, от λ излучения. В диапазоне λ = 0,4I - 2 мм $N_г$ различаются незначительно. При λ = 6,24 мм как у ДМСО, так и у ДМФА найденные $N_г$ заметно меньше, чем при $\lambda \leq 2$ мм. Этот факт обнаружен также при исследовании гидратации ряда углеводов и алифатических спиртов. Обсуждаются возможные механизмы взаимодействия ММ излучения с веществом.

Ченская Т.Б.,Гусев Д.Г., Ильина С.А., Василенко И.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАТАЦИИ МОДЕЛЬНЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН МЕТОДОМ ЯМР ^{2}H И ИК СПЕКТРОСКОПИИ

Изучена кинетика гидратации пленок фосфатидилхолина и теней эритроцитов методами ЯМР ^{2}H и ИК спектроскопии. Определены динамические параметры молекул воды на поверхности мембран.

Оценено максимальное количество воды, связывающейся с мембраной, выявлены различные типы связанной воды, отличающейся по спектральным параметрам. Полученные результаты могут быть полезными при анализе механизмов действия мм излучения на биологические мембраны.

Малеев В.Я., Кашпур В.А.

КОЛЕБАТЕЛЬНО-РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СОСТОЯНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ. ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ

В связи с проблемой воздействия электромагнитных волн мм-диапазона на биообъекты анализируются литературные и оригинальные данные о механизмах поглощения излучения мм диапазона важнейшими биополимерами (белками и нуклеиновыми кислотами) и их компонентами. В случае глобулярных белков таким механизмом могут быть нормальные колебания, отвечающие коллективным движениям всей макромолекулы или отдельных доменов. Особенности микроволнового поглощения в гемоглобине, лизоциме и некоторых полипептидах указывают также на возможность проявления дипольных релаксационных процессов и низкочастотного края полосы поглощения, связанной с растяжением и изгибом водородных связей в цепи пептидного остова. Обсуждается возможная роль указанных колебательных состояний для передачи биологической информации на молекулярном уровне, а также в процессах конформационных переходов и кооперативного связывания с лигандами.

В случае ДНК рассматриваются проявляющиеся в диапазоне СВЧ низкочастотные колебания, соответствующие различным коллективным модам - дыхательные движения сахарофосфатного остова, связанные колебания оснований нуклеиновых кислот, продольные акустические колебания, частота которых зависит от длины цепи ДНК и может соответствовать мм диапазону. Представлены экспериментальные результаты исследования поглощения микроволнового излучения водными растворами ДНК. Существенное значение для анализа этих колебаний имеет учет влияния растворителя и ионного окружения.

Остапенков А.М., Муллер Я.Н., Меринов Н.С.,

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЧ-ДИЭЛЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАД ПРОЦЕССАМИ БИОТЕХНОЛОГИИ

Рассмотрена возможность использования электромагнитных полей (ЭМП) СВЧ диапазона для осуществления контроля над биотехнологическими процессами, при котором отсутствует нагрев среды под воздействием ЭМП. Уровень плотности потока мощности СВЧ колебаний не превышает единиц мВт/см^2, т.е. СВЧ колебания выполняют роль информационного сигнала, не изменяющего свойств зондируемой среды.

Информация о ходе исследуемого процесса заключена в изменении диэлектрической проницаемости (ε) технологической среды, вызванном совокупностью происходящих в этой среде процессов. СВЧ диэлектрометрия базируется на отличии в СВЧ диапазоне ε воды и основных ингредиентов, входящих в состав микроорганизмов и среды их жизнедеятельности, и в первую очередь, на отличии ε свободной и структурированной водой.

На основе рассмотрения приближенной расчетной модели диэлектрических свойств микроорганизмов, находящихся в среде их жизнедеятельности, показано, что выделение указанных выше эффектов становится возможным при использовании ЭМП СВЧ сантиметрового и, особенно, миллиметрового диапазонов.

Описан ряд СВЧ устройств, позволяющих проводить оперативный контроль за изменением диэлектрических свойств технологических сред и обеспечивающих достаточно высокие значения точности и разрешающей способности.

Приведены результаты экспериментов по определению текущих значений концентрации биомассы и субстрата и скорость их изменения, полученные на лабораторном ферментере в процессе культивирования дрожжей *Saccaromyses Cerevisae*, а также результаты теоретического анализа некоторых математических моделей процессов биосинтеза. Особо рассмотрено применение СВЧ диэлектрометрии при полупериодическом процессе биосинтеза с целью оптимизации последнего.

Гайдук В.И.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЛЯРНЫХ СРЕД: ПРОБЛЕМЫ ПРЕДСКАЗАНИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ В ММ И СБММ ДИАПАЗОНАХ ВОЛН

I. Для простых полярных жидкостей в ИРЭ АН СССР получены первые результаты предсказания частотных зависимостей коэффициента поглощения $\alpha(\nu)$ и комплексной диэлектрической проницаемости $\varepsilon^*(\nu) = \varepsilon' + i\varepsilon''$ в диапазоне ориентационной поляризации ($\nu \leq$ 100 см$^{-1}$, $\lambda \approx$ 0,I мм). С этой целью применена аналитическая теория $\varepsilon^*(\nu)$ для ротатора в прямоугольной потенциальной яме и использованы соотношения ячеечной модели жидкости.

2. Для воды и некоторых водных систем возможно дать объяснение спектров $\varepsilon^*(\nu)$ и $\alpha(\nu)$, разбив полярные молекулы на несколько подансамблей, отличающихся типом молекулярного движения. При этом гидратация высоко- и низкомолекулярных соединений оказывается качественно различной.

3. Необходимость одновременного объяснения спектров $\alpha(\nu)$ и $\varepsilon''(\nu)$, имеющих максимумы соответственно в СБММ и СВЧ (для белков - в УВЧ) диапазонах,заставляет отказаться от неадекватных подходов. Серьезную проблему представляет задача вычисления величины ε^* (в том числе и статической проницаемости ε_s), исходя из значений концентрации N и величины дипольного момента μ изолированной молекулы.

4. Из рассмотрения диэлектрической релаксации можно сделать вывод о принципиальной возможности избирательного нагрева вращательных степеней свободы молекул в водных системах под действием мм излучения.

5. Критерием адекватности развитых представлений о пространственных и временных масштабах молекулярного движения в жидкостях служит возможность одновременного описания как дисперсии $\varepsilon^*(\nu)$, так и температурных зависимостей сжимаемости и коэффициента самодиффузии жидкостей.

Гайдук В.И., Гуськова В.Д., Калмыков Ю.П., Новскова Т.А.

ЭВОЛЮЦИЯ ММ И СБММ СПЕКТРОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И ПОГЛОЩЕНИЯ ВОДЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ: РАСЧЕТ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

В ИРЭ АН СССР была создана [I] модельная теория диэлектрической релаксации в жидкой воде, объяснившая аномалии спектра поглощения воды, имеющего два максимума (при $\nu_R \sim 190$ см$^{-1}$ и $\nu_L \sim 670$ см$^{-1}$), исходя из представлений о наличии в воде двух фракций молекул – вращательной (R) и льдоподобной (L). Теория [I] позволила оценить температурную зависимость соотношения этих фракций.

В докладе, исходя из той же модели [I], обсуждаются результаты более строгого расчета диэлектрических спектров в диапазоне частот $0 \le \nu < 1000$ см$^{-1}$, в котором из молекулы вращательной фракции время жизни предполагается конечным (в [I] полагалось $\tau_R = \infty$).

В рамках развитой модели можно предсказать ММ и СБММ спектры $\alpha(\nu)$ и $\varepsilon^*(\nu)$ воды в широком диапазоне температур, а также рассматривать аналитические модели диэлектрической релаксации в различных водных системах.

Литература

I. Ю.П.Калмыков, А.П.Красножен, В.И.Гайдук. В кн.: Эффекты нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты. Н.Д.Девятков/ред. – М.: ИРЭ АН СССР, 1983, с.182–200.

Калмыков Ю.П.

ВЛИЯНИЕ СИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ПОЛЯРНЫХ СРЕД В МИКРОВОЛНОВОМ/СУБМИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНАХ

Рассмотрена система полярных молекул, находящаяся в наложенном электростатическом поле $\vec{E}_0$. Путем решения модельного кинетического уравнения для функции распределения молекул в фазовом пространстве выведены формулы для дисперсии продольной ($\varepsilon_\perp(\omega)$) и поперечной ($\varepsilon_\parallel(\omega)$) компонент тензора комплексной диэлектрической проницаемости, которые применимы во всем диапазоне частот ориентационной поляризации при произвольных значениях напряженности поля $\vec{E}_0$. Увеличение напряженности поля $\vec{E}_0$ приводит к тому, что (I) дебаевские времена релаксации у продольной ($\tau_D^\perp$) и поперечной ($\tau_D^\parallel$) компонент проницаемости уменьшаются, причем в пределе очень сильных полей $\tau_D^\perp / \tau_D^\parallel = 2$, (2) интегральное поглощение для продольной компоненты проницаемости возрастает, тогда как для поперечной – падает. Полученные результаты могут быть использованы при изучении методом диэлектрической спектроскопии молекулярных процессов (вращательной релаксации, гидратации и др.) в клеточных мембранах.

Новскова Т.А., Гайдук В.И., Кудряшова В.А., Завизион В.А.

ПРЕДСКАЗАНИЕ ДИСПЕРСИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И СБММ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА (ДМСО), ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ ВОДЫ

На основе модельной системы ДМСО-ВОДА в [1] предложен способ определения чисел гидратации органических соединений в водных растворах из концентрационных зависимостей $\alpha(c)$ коэффициента поглощения растворов в ММ диапазоне длин волн. В докладе сделана попытка рассчитать величину поглощения α в ММ диапазоне и предсказать величину α в СБММ диапазоне, исходя из предположений о характере молекулярного движения компонент раствора. Рассмотрены различные гипотезы об изменении пространственных и временных масштабов движения молекул "связанной воды" и "воды в растворе". Предсказана частотная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости в диапазоне ориентационной поляризации. Показано, что экспериментальные концентрационные зависимости поглощения растворов, в которых проявляется "дефицит поглощения" мм излучения, можно объяснить, предположив существенное изменение вращательной подвижности молекул H_2O в растворе по сравнению с их подвижностью в чистой воде.

Литература

1. Ю.И.Хургин и др. Поглощение излучения миллиметрового диапазона системами вода-органический растворитель. - Изв. АН СССР, сер. хим., 1976, № 4, с.926-929.

Новскова Т.А., Гайдук В.И., Кукебаев А.М., Цейтлин Б.М.

ПРЕДСКАЗАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОСТЫХ ПОЛЯРНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ММ И СБММ ДИАПАЗОНАХ ВОЛН

На основе двупараметрической аналитической теории ранее удалось объяснить [1,2] ход частотных зависимостей $\alpha(\nu)$ и $\varepsilon^*(\nu)$ (коэффициента поглощения и комплексной проницаемости) ряда чистых полярных жидкостей и растворов. В работе [3] была сделана первая попытка предсказания этих зависимостей для CH_3F, исходя из величин молекулярных констант, плотности, значений статической проницаемости (ε_s) и оптического показателя преломления (n_∞). Однако расчетное время дебаевской релаксации (τ_D) в [3] при некоторых температурах может заметно (в несколько раз) отличаться от экспериментального. В данном докладе рассмотрена другая расчетная схема, в которой ценой введения в расчетные формулы экспериментального значения получено лучшее согласие с экспериментом предсказываемых спектров $\alpha(\nu)$ и $\varepsilon^*(\nu)$. Найдена температурная зависимость параметров модельного описания во всей области существования жидкого состояния и обсуждаются критические значения параметров молекулярного движения, соответствующие температурам фазового перехода.

Согласие предсказуемых зависимостей с экспериментальными позволяет сделать вывод о применимости используемой модели ограниченных ротаторов. Качественное понимание особенностей молекулярного движения в простых жидкостях основано на предположении о том, что время либрационного движения ротаторов с неизменной угловой скоростью определяется временем пролета центра тяжести молекулы (ее трансляцией) между двумя узлами потенциала межмолекулярного взаимодействия.

Литература

1. Ю.П.Калмыков, В.И.Гайдук. - ЖФХ, 1981, т.55, № 2, с.305-317.
2. Ю.П.Калмыков. Химическая физика, 1986, т.5, №4.
3. Т.А.Новскова, В.И.Гайдук, Т.Б.Ченская, Б.С.Эльянов. - В кн. Применения ММ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине. Н.Д.Девятков/ред. - М.: ИРЭ АН СССР, 1985, с.262-276.

Гайдук В.И., Ченская Т.Б., Новскова Т.А.

СВЯЗЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОСТЫХ ЖИДКОСТЕЙ СО СПЕКТРАМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕЛАКСАЦИИ В МИЛЛИМЕТРОВОМ И СУБМИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНАХ

Описание диэлектрической релаксации модельных объектов - простых и биологических - может считаться убедительным лишь в том случае, если для одной и той же модели молекулярного движения можно найти как диэлектрические, так и различные физико-химические параметры. Для модели диполя в потенциальном ящике естественными параметрами являются угол качаний 2β и время качаний τ между сильными соударениями. В докладе для ряда полярных жидкостей рассмотрена связь этих параметров с такими константами как вандервальсов объем молекулы $V_м$, либрационный объем V_L, коэффициент самодиффузии молекулы $\mathcal{D}$. Показана возможность предсказания температурной зависимости $\mathcal{D}(T)$ для некоторой модификации ячеечной модели жидкости-гибридной модели, в которой по предположению часть молекулы совершает пролет из одной потенциальной ямы в другую, остальные молекулы либрируют, отражаясь от потенциального барьера. Рассмотрена теория комплексной диэлектрической проницаемости, соответствующая этой модели.

Мантрова Г.М., Яковлева М.Н.

ИЗМЕНЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ, НАХОДЯЩЕЙСЯ ВБЛИЗИ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Данная работа выполнена с целью выяснения роли воды в механизме воздействия электромагнитного излучения на биообъекты. Присутствие большого числа межфазных границ определяет отличие внутриклеточной воды от объемной. Работа посвящена экспериментальному исследованию особенностей диэлектрических свойств граничной воды, их зависимости от температуры.

С помощью волноводных методов на частоте 37,5 ГГц были исследованы зависимости диэлектрических параметров от температуры для пленки конденсированной воды в интервале температур 10–30°C и поглощение капли воды вблизи температуры замерзания.

В пленке конденсированной воды при 20°C обнаружен структурный переход, проявляющийся в резком изменении диэлектрической проницаемости. Этот переход и фазовый переход при замерзании капли воды сопровождались увеличением поглощения СВЧ-мощности.

Подобные термоиндуцированные переходы возможны в тонких пленках воды, имеющих место в биологических системах. Полученные данные следует учитывать при объяснении механизма воздействия электромагнитного излучения на биологические объекты.

Лимонова С.В.

СВЯЗЬ МОДЕЛИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕЛАКСАЦИИ ПОЛЯРНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ММ И СБММ ДИАПАЗОНАХ С ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИМИ И АКУСТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЖИДКОСТЕЙ

Диэлектрическая релаксация жидкостей, очевидно, тесно связана с акустической релаксацией, однако связь параметров модельного аналитического описания этих двух явлений пока не была установлена.

В докладе делается первый шаг в этом направлении: для модели ротатора в потенциальном ящике, для которого ранее была построена теория диэлектрической проницаемости [1, 2], найдено выражение для статсуммы Z. При этом предполагается, что молекула в ящике участвует как в либрационном, так и в поступательном движении. Поскольку статсумма Z оказывается зависящей от амплитуды β либрационного движения, можно установить связь термодинамических свойств жидкостей, например, сжимаемости с величиной β. Это позволяет предсказывать спектры поглощения и диэлектрической проницаемости простых жидкостей, исходя из значений термодинамических констант.

Л и т е р а т у р а

1. В.И.Гайдук, Ю.П.Калмыков, Б.М.Цейтлин. Радиотехника и электроника, 1979, т.24, №5, с.1170-1183.
2. В.И.Гайдук. Изв.вузов, Радиофизика, 1985, т.28, № 11, с.1366-1381.

6. АППАРАТУРА И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭФФЕКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Девятков Н.Д., Голант М.Б.

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ КВЧ СИГНАЛОВ, ИЗЛУЧАЕМЫХ КЛЕТКАМИ

Исследования характера действия монохроматических электромагнитных излучений миллиметрового диапазона длин волн нетепловой интенсивности (ЭМИ) на живые организмы привели к убеждению, что эффективность этого действия связана с тем, что они определенным образом имитируют сигналы управления, вырабатываемые организмами при нарушениях их нормального функционирования или в ходе приспособления к изменяющимся условиям существования. А это означает, что прием соответствующих сигналов, вырабатываемых организмом, мог бы содействовать диагностике причин нарушений нормального функционирования.

Однако из-за малой интенсивности сигналов управления прием этих сигналов представляется сложной технической задачей.

В докладе обсуждаются некоторые пути преодоления этих трудностей и результаты их экспериментальной проверки.

Пожела Ю.К., Буткус Г.Т., Микалаускас К.К., Пaужа А.С.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА В БИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Описывается миниатюрный датчик, предназначенный для измерения напряженности электрического поля и поляризации электромагнитных волн миллиметрового диапазона в ближней зоне различных волноводных излучателей. Диапазон рабочих частот датчика I–I00 ГГц. Чувствительность датчика частотнозависима и на частоте 74 ГГц равна I0 $мВ/мВт \cdot см^{-2}$. Длина антенны датчика меньше длины волны в рабочем диапазоне. Датчик не искажает распределения измеряемого поля. Он изолирован от внешней среды тонким слоем диэлектрика. Этим представляется возможность измерять поле в разных средах, в том числе, жидкостях и биологических тканях.

С помощью датчика измерены диаграммы направленности некоторых излучателей как в воздухе, так и в жидкостях, а также затухание электромагнитных волн в них. Измерено затухание в коже, мышечной, жировой и костной тканях. Обнаружено существенное различие затухания в вышеуказанных средах, а также анизотропия их диэлектрических свойств.

Полников И.Г., Путвинский А.В., Бецкий О.В.

СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПОГЛОЩЕННОЙ МОЩНОСТИ ММ ИЗЛУЧЕНИЯ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Для измерения поглощения мощности в биологических объектах предлагается использовать радиоакустический метод. Описаны экспериментальная установка и конструкции акустических ячеек для регистрации поглощенной мощности ММ волн водными растворами и суспензиями биологических объектов (липосом, эритроцитов, дрожжей) в различных кюветах, облучаемых через рупор или диэлектрические излучатели. Для измерения поглощения кожей предложена газомикрофонная ячейка.

Предлагаемый метод удобно использовать для исследования частотной зависимости биологических эффектов ММ излучения.

Гассанов Л.Г., Писанко О.И., Назаренко Л.С., Балаба А.Н., Скляров А.П., Пясецкий В.И.

АППАРАТУРА КВЧ ДИАПАЗОНА НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРАКТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ

Рассматриваются вопросы создания аппаратуры для микроволновой диагностики в медико-биологических исследованиях на биологических объектах и коррекции физиологических состояний организма при некоторых его патологиях путем направленного воздействия на рефлексогенные зоны объекта электромагнитным излучением (ЭМИ) крайне высокочастотного (КВЧ) диапазона нетепловой интенсивности.

Приводятся результаты разработки аппарата для микроволновой рефлексодиагностики и терапии "Электроника-КВЧ" и варианты его исполнения, обусловленные медико-биологическими требованиями.

Аппарат "Электроника-КВЧ-01" применяется для коррекции физиологических состояний организма при патологии гастродуоденальной системы и обеспечивает высокостабильную работу на одной фиксированной частоте ЭМИ в сочетании с плавной регулировкой уровня выходной мощности и разными режимами генерации. "Электроника-КВЧ-02" обеспечивает плавную механическую перестройку частоты ЭМИ в полосе 6-8 ГГц. Аппарат предназначен для проведения медико-биологических исследований на биологических объектах с целью определения новых перспективных частот, на которых наблюдается долговременный стабильный терапевтический эффект при лечении той или иной патологии. В аппарате "Электроника-КВЧ-03" обеспечивается плавная электронная перестройка частоты в пределах I,0-I,2 ГГц. Аппарат предназначен для реализации на практике индивидуального подбора биорезонансной частоты для конкретного организма при лечении данной патологии. Образец аппарата "Электроника-КВЧ-04" обеспечивает одновременное воздействие ЭМИ на две территориально разностные рефлексогенные зоны на одной или разных фиксированных частотах излучения.

Приводятся данные медико-биологических экспериментов и клинической апробации экспериментальных образцов аппарата.

Розенталь В.А., Кузьмина Т.Д., Кичаев В.А., Зданович О.Д.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭМИССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Для исследования эмиссионных характеристик биологических систем в миллиметровом диапазоне электромагнитных волн была создана экспериментальная установка, представляющая собой специализированный модуляционный спектрорадиометр.

Ниже приведены технологические характеристики установки и описаны возможные режимы ее работы.

I. Режим приема излучения от биологического объекта.

2. Режим облучения биологического объекта.

3. Импульсный режим, характеризующийся периодической сменой режимов I и 2.

4. Флуктуационная чувствительность радиометра при времени накопления I с в режиме I около 10^{-17} Вт, а в режиме 3 - около $2 \cdot 10^{-17}$ Вт. Путем увеличения времени накопления (до 60 с) чувствительность может быть повышена.

5. Режим спектральных измерений характеризуется полосой обзора шириной I ГГц с разрешающей способностью 50 МГц. Дополнительная ручная перестройка тракта позволяет расширить эту полосу обзора еще на 2 ГГц.

6. В установке имеется электронная система аналоговой обработки сигнала и строб-интегратор, с помощью которого можно изучать временные характеристики релаксационных процессов с разрешением порядка 20 нс.

7. Для исследования электромагнитного излучения культур клеток и водных растворов молекул используется специальная кювета, снабженная электрическим нагревателем и термодатчиком. Кювета крепится непосредственно к входной рупорной антенне радиометра. Электронное устройство позволяет термостатировать содержимое кюветы при температуре от комнатной до + 40°С при точности поддержания около 0,I°.

Описанная установка используется в эксперименте по изучению электромагнитного излучения водных растворов молекул и клеточных суспензий.

Балибалова Е.Н., Бородкина А.Г., Голант М.Б., Реброва Т.Б., Севастьянова Л.А.

О ВЛИЯНИИ ПАРАМЕТРОВ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ НА ХАРАКТЕР ДЕЙСТВИЯ КВЧ ОБЛУЧЕНИЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

В опубликованных ранее работах нами было экспериментально показано, что облучение животного электромагнитными излучениями (ЭМИ) миллиметрового диапазона в режиме амплитудной модуляции прямоугольными импульсами (с определенным соотношением длительности импульса τ и расстояния между импульсами T) дает тот же по величине биологический эффект снижения поражения костномозгового кроветворения, что и облучение в непрерывном режиме при той же мощности облучения, общем времени облучения, включающем как длительность импульсов, так и длительность пауз.

Представляет как научный, так и практический интерес определить пределы возможных изменений параметров τ и T, при которых биологический эффект воздействия остается таким же, как при работе в непрерывном режиме, т.е. установить минимальную величину τ (определяемую инерционностью воспринимающей системы организма) и максимальную величину T (определяемую временем релаксации возбужденного состояния в организме), а также зависимость между этими величинами. Настоящий доклад посвящается исследованию этих вопросов.

Алпатьев А.Ю., Бугаев А.В., Рыбалка В.В., Таубе А.Л.

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ СВЧ-ОБЛУЧАТЕЛЬ ДЛЯ ЛЕЧЕБНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ТОЧКИ

Создан образец прибора, предназначенного для экспериментального медико-биологического и лечебного воздействия на биологически активные точки в лабораторных и клинических условиях.

Прибор состоит из блока управления и шести выносных облучателей. Облучатели могут устанавливаться для одновременного облучения нескольких биологически активных точек на расстоянии до 2 метров от блока управления.

Мощность каждого излучателя на твердотельном активном элементе – единицы милливатт.

Частота излучения находится в диапазоне длин волн биологически активного воздействия на организм и может перестраиваться для каждого облучателя ручками регулировки, расположенными на блоке управления.

Питание прибора осуществляется от сети напряжением 220 В, мощность, потребляемая от сети, не превышает 50 Вт.

Сообщаются результаты технических испытаний с целью информирования медицинских организаций и для изучения предполагаемой потребности в приборе. В частности, прибор может быть использован для известной по литературе замены игло- и электропунктуры воздействием маломощного СВЧ облучения на биологические активные точки.

Беляков Е.В., Бецкий О.В., Храпко А.М.

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ДИЭЛЬКОМЕТР МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

При изучении физических механизмов воздействия низкоинтенсивного ММ излучения на биологические объекты важным является анализ характера взаимодействия молекул воды с различными молекулами и молекулярными группами. Ценную информацию об этом можно получить, измерив диэлектрическую проницаемость в зависимости от различных физических факторов (концентрации, температуры, частоты внешнего поля и др.).

Для этих целей разработан новый высокочувствительный способ дифференциальных измерений диэлектрической проницаемости образцов с высоким содержанием воды. В миллиметровом диапазоне длин волн способ основан на использовании резонанса поверхностных волн в волноводной системе с образцом и имеет существенные преимущества по сравнению с известными СВЧ методами измерений поглощающих диэлектриков.

Приведена схема резонансного диэлькометра, созданного на основе данного принципа измерений и конструкция резонансных кювет для жидкостей.

Диэлькометр позволяет проводить измерения водных препаратов с разрешающей способностью $\Delta\varepsilon/\varepsilon = 10^{-4}$. Результаты измерений различных классов водных химических и биологических препаратов приводятся.

Упрощенная схема устройства, выполненная из стандартных блоков, оперативная методика измерений и высокая чувствительность позволяют применять диэлькометр в основе приборов

- для контроля концентрации водных растворов
- для диагностики биологических препаратов
- для исследования межмолекулярных взаимодействий в жидкой фазе.

Бакаушина Г.Ф., Беляков Е.В., Зиновьева Н.Б.,Храпко А.М., Завизион В.А., Кудряшова В.А., Левченко Л.С., Хургин Ю.И.

СВЧ АНАЛИЗАТОР КОНЦЕНТРАЦИИ ЖИДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ И КРОВЕЗАМЕНИТЕЛЕЙ

Ранее нами была показана принципиальная возможность определения концентрации биологически активных соединений в растворах по поглощению ММ излучения растворами исследуемых соединений.

На основе этих данных разработана измерительная СВЧ установка, позволяющая осуществлять контроль концентрации инъекционных препаратов и кровезаменителей по их диэлектрическим свойствам в СВЧ диапазоне с точностью порядка 0,01-0,1 %.

Высокая чувствительность достигнута за счет применения специальной резонансной методики измерений, что позволило одновременно существенно упростить схему прибора. Малая мощность СВЧ излучения гарантирует сохранность свойств препаратов после измерений.

Проведены испытания установки с промышленно выпускаемыми лекарственными препаратами.

Простая методика измерений, небольшие габариты и эксплуатационные удобства установки позволяют применить ее в условиях производства.

Полников И.Г., Красножен А.П.

РАДИОАКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ТОНКОМ СЛОЕ ВОДЫ

В данной работе предложен метод измерения величины СВЧ мощности, поглощаемой слоем воды. Облучение, модулированное по амплитуде СВЧ излучением, вызывает в слое воды генерацию звуковых колебаний на частоте модуляции (радиоакустический эффект).

Анализ звукового сигнала на основе теории радиоакустического эффекта позволяет оценить величину и частотную зависимость поглощаемой в слое воды мощности СВЧ поля. Результаты расчета совпадают с данными эксперимента.

Волченко В.Н., Колбун Н.Д., Лобарев В.Е., Белоногов А.П.

МЕТОДИКА АКУПУНКТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ ММ ДИАПАЗОНА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

На основании работ школы академика Н.Д.Девяткова и работ ряда других исследователей авторы пришли к предположению о возможности воздействия на организм ЭМИ ММ диапазона с целью корректировки состояния оператора.

Частоты ЭМИ выбирали, исходя из гипотезы о биологической значимости полосовой структуры спектра естественных полей ЭМИ ММ диапазона. Известны пять основных полос естественного поглощения в атмосфере для диапазона длин волн от 8 до 0,5 мм. Вертикальное ослабление в максимумах поглощения достигает 400 ... 1000 дБ. Авторы попытались регистрировать физиологические реакции и сенсорные отклики организма человека в ответ на ЭМИ низкой интенсивности именно в зонах частот полос поглощения. Облучению подвергались точки акупунктуры, характеризующиеся широкой областью физиологических реакций (хэ-гу, цзу-санли и т.п.). Плотность потока мощности генератора ~~около~~ менее 10^{-3} Вт/см^2. Для обеспечения требуемого спектра применяли сетчатые фильтры и экраны. Периодически проводили плацебо-опыты.

Статистические данные по сотням опытов на нескольких группах испытуемых (по 30–40 человек) показали примерно 90%-ную повторяемость результатов.

В зависимости от выбранных акупунктурных точек и характера режима воздействия получены как возбуждающие, так и тормозящие эффекты. Установлено снятие мышечного или нервного напряжения, достигалось расслабление или наоборот мобилизация организма, снятие некоторых болевых ощущений и спастических явлений.

Искин В.Д.

МЕТОД УСКОРЕННОГО ПОИСКА ЧАСТОТНО-ЗАВИСИМЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Традиционный экспериментальный подход к обнаружению биологических эффектов миллиметровых волн, заключающийся в простом переборе различных значений биотропных параметров микроволнового излучения, – малоэффективен и очень длителен.

В то же время такой подход, как известно, диктуется необходимостью "отслеживания" результата облучения биологической среды в неотрывной связи с измеренными параметрами воздействующего фактора с целью однозначной интерпретации получаемых экспериментальных результатов.

Тем не менее, может быть предложен принципиально иной подход к решению сформулированной задачи, который практически без ущерба для достоверности позволяет существенно снизить временные затраты и трудоемкость поиска биологических эффектов миллиметровых волн. Этот подход заключается в такой радиофизической организации экспериментов, при которой небольшое их количество будет нести однозначную информацию о большом количестве биотропных параметров воздействующего излучения [I].

Поясним сказанное на конкретном примере. Отмечаемая в ряде литературных источников высокая "добротность" ($\Delta f / f_0 \simeq 10^{-5}$) биологических систем при определении биологически активной частоты требует анализа "отклика" биологической среды (БС) каждый раз после облучения на каждой фиксированной частоте. Покажем, как та же задача может быть решена проще и с меньшими трудозатратами при несколько иной постановке эксперимента [I, 2].

Для этого биологическую среду I облучают одновременно на нескольких частотах и возбуждают в БС стоячие волны СВЧ-излучения, как показано на рис.I. Поле стоячей волны каждой частоты f_i, как известно, характеризуется своим, вполне определенным, периодическим распределением амплитуды колебаний напряженностей электрического $\vec{E}_i$ и магнитного $\vec{H}_i$ полей вдоль координаты x распространения СВЧ-волны. Поэтому, если на одной из частот f_i, например, частоте f_2 (см. рис.I), происходит так называемое резонансное воздействие на БС, т.е. частота f_2 является биологически активной, то величина ξ биологического эффекта (БЭ) также является периодической функцией координаты x, причем период $\lambda_\varepsilon/2$

распределения этой величины ξ в биологической среде однозначно связан с частотой f_2.

Таким образом, расстояние между участками БС, характеризующимися экстремальными значениями БЭ, однозначно указывает на биологически активную частоту f_2 из всего набора воздействующих частот f_i.

При такой постановке эксперимента достаточно провести анализ свойств БС вдоль оси x всего один раз после воздействия на всех исследуемых частотах. При этом в качестве идеальной контрольной среды могут служить участки БС, расположенные в узлах стоячей волны.

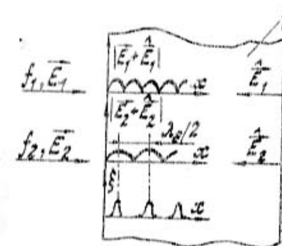


Рис.I

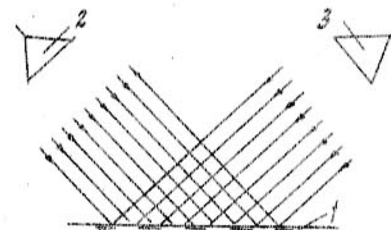


Рис.2

Дополнительной иллюстрацией к изложенному может служить рис.2, где аналогичная задача решается путем создания на поверхности БС интерференционной картинки, причем "проявление" исследуемой биологической средой "своего" периода этой интерференционной картинки также позволяет облучать БС сразу на нескольких частотах, в данном случае, – с помощью двух синхронизованных источников СВЧ-излучения: их частоты в каждый момент времени равны и одновременно изменяются во времени.

Предложенный выше подход носит на первый взгляд скорее теоретический характер и вполне уязвим для критики; тем не менее после определенной технической проработки он был реализован практически и дал вполне удовлетворительные результаты.

Литература

I. Искин В.Д. Рукопись, депонированная в ВИНИТИ 8.10.84, №6592-84.
2. Авторское свидетельство СССР № 1209239, Бюл. № 5, 1986.

Искин В.Д., Райс Б.Г., Медведовский А.В.

КЮВЕТЫ ДЛЯ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бо́льшая часть биологических систем характеризуется значительным (~ 80 %) отражением СВЧ-излучения. Поэтому распространенная методика облучения биологической среды, помещенной в чашку Петри, с помощью рупора приводит к значительным потерям мощности, неоднозначной интерпретации получаемых результатов.

Названных трудностей удается избежать при использовании кювет, изображенных на рис. I и 2. Первая кювета (рис.I) предназна-

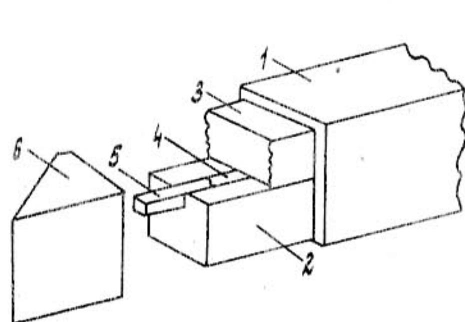


Рис.I

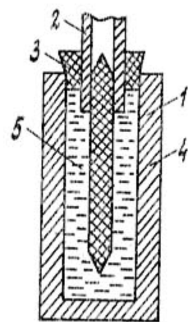


Рис.2

чена для микроволновой обработки твердых, гелеобразных и сыпучих материалов. Она представляет собой отрезок металлического волновода I, внутрь которого помещены два тефлоновых стержня 2, 3. В стержне 2 сделан паз 4 прямоугольного сечения, в который помещают облучаемый биологический материал 5. Перед облучением канал 4 заполняют исследуемой средой, складывают обе половинки 2,3 и совместно вставляют в волновод I. Для согласования и герметичности с противоположных сторон в волновод I вставляют согласующие тефлоновые клинья 6. Эксперименты, проведенные с помощью панорамы Р2-65, для суспензии микроорганизмов (после гелеобразования) дали следующие результаты: при поперечном сечении канала 4, равном IxI мм^2, логарифм проходной мощности является линейной функцией длины заполнения канала (вплоть до 40 мм) и погонное затухание α на частоте 37,5 ГГц составляет 0,7 дБ/мм, а КСВН=2 в полосе частот 25...37,5 ГГц.

Описанная кювета может быть использована для определения биологически активной радиочастоты при исследовании частотно-зависимых эффектов миллиметровых волн. Для этого ее облучают с двух противоположных сторон в некотором частотном диапазоне от f_0 до $f_1 > f_0$. При этом мощность излучения с одной стороны изменяют в зависимости от частоты по закону

$$P^{(1)}(f) = P_0 \exp\left[\frac{f-f_0}{f_1-f_0} \ln \frac{P_1}{P_0}\right],$$

где P_0, P_I – мощности излучения на частотах f_0 и f_1 соответственно, а с другой – по закону

$$P^{(2)}(f) = P_1 \exp\left[\frac{f_0-f}{f_1-f_0} \ln \frac{P_1}{P_0}\right].$$

После описанной микроволновой обработки биологическую среду извлекают из кюветы (она представляет собой гелеобразный "червячок" сечением IxI мм^2) и определяют длины $x^{(1)}$ и $x^{(2)}$ участков среды, считая от ее концов, характеризующихся наличием биологического эффекта.

Тогда биологически активная частота f_δ находится из выражения

$$f_\delta = f_0 + \frac{\Delta f}{2}\left[1 - \frac{\alpha \Delta x}{\ln \frac{P_1}{P_0}}\right],$$

где $\Delta f = f_1 - f_0$, $\Delta x = x^{(2)} - x^{(1)}$.

Кювета, изображенная на рис.2, предназначена для микроволновой обработки жидкой биологической среды с содержанием воды более 95%. Антенной является тефлоновый стержень I, герметично вставленный в волновод 2, который с помощью резиновой пробки 3 герметично вставлен в камеру 4, содержащую биологическую среду 5. Электродинамические свойства такой системы подробно изложены в работе [I]. В качестве камеры 4 использовались обычные стеклянные пробирки, что упрощало температурную стерилизацию кюветы. Соответствующие измерения, проведенные для волноводного канала 7,2x3,4 мм^2 (такое же сечение стержня I) также дали линейную зависимость логарифма поглощения от длины участка взаимодействия "стержень-жидкость" с коэффициентом $\alpha \simeq 0{,}75$ дБ/мм на частоте 37,5 ГГц при КСВН не более 2 в вышеуказанной полосе частот.

Литература

I. Искин В.Д. Рукопись, депонированная в ВИНИТИ 8.I0.84, №6592-84.

Ткаченко В.Н., Житник Н.Е., Щербаков А.М.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Приведены результаты экспериментального определения электрических параметров биологических жидкостей через их радиотехнические характеристики в миллиметровом диапазоне длин волн. В качестве источника СВЧ излучения использован генератор на диоде Ганна миллиметрового диапазона с применением специального СВЧ узла крепления, обеспечивающего высокое качество спектра излучения и постоянство параметров генератора в течение времени проведения эксперимента, что особенно важно для выполнения условий воспроизводимости результатов.

Исследуемая жидкость помещалась в измерительную ячейку специальной конструкции, устанавливаемую в отрезке прямоугольного волновода стандартного сечения и производились измерения коэффициентов отражения и прохождения СВЧ сигналов. Затем используя аналитическое выражение, преобразованное для случая наклонного падения электромагнитной волны, определялись численные значения диэлектрической и магнитной проницаемости исследуемой жидкости.

В качестве биологической жидкости использовалась моча. Проводится работа по идентификации электрических параметров и биохимического состава мочи.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

2. Взаимодействие ММ излучения с микроорганизмами и клетками

3. Эффекты взаимодействия миллиметрового излучения с различными объектами

4. Изучение механизмов взаимодействия ММ излучения с различными объектами

5. ММ–спектроскопия; диэлектрометрия

6. Аппаратура и методы изучения эффектов взаимодействия ММ излучения с различными объектами

Для заметок

Для заметок